Nom : Leny Prénom: Michaud colle du: 08_02	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	2	10	6,7	11,5
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	1	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			
Communiquer à l'oral dans un langage courant, scientifique et approprié	1	4	2,0	
Rédiger proprement ses démarches au tableau	1			

	+	-		
ajustement			note	12

Remarques : Exo 1 : assez bien, exo 2 : plus en difficultés sur les aspects énergétiques

Colle 1 :

Exercice1 : Equation de d'Alembert et solutions

1) Démontrer l'équation de propagation du champ électrique dans le vide. On donne $\overrightarrow{rot}(\overrightarrow{rot}\vec{a}) = \overrightarrow{grad}(div\vec{a}) - \Delta\vec{a}$
2) On considère un champ électrique donné par : $\vec{E} = E_0\cos(\omega t - kz)\overrightarrow{u_x}$
   a) Quelle est le sens de propagation de cette onde ?
   b) Quelle est la polarisation associée ?
   c) Vérifier que cette expression du champ est bien solution de l'équation de propagation précédente
3) On considère une onde de forme quelconque donnée par $\vec{E} = f(t - \frac{x}{c}))\overrightarrow{u_z}$ où f est une fonction décrivant la forme de l'onde
   a) De quel type d'onde s'agit-il ?
   b) Quelle est le sens de propagation de cette onde ?
   c) Quelle est la polarisation associée ?
   d) Vérifier que cette expression du champ est bien solution de l'équation de propagation précédente
4) On considère une onde de forme quelconque donnée par $\vec{E} = E_0\cos(\omega t)\cos(kx)\overrightarrow{u_y}$
   a) Que quel type d'onde s'agit-il ?
   b) Quelle est la polarisation associée ?
   c) Vérifier que cette expression du champ est bien solution de l'équation de propagation précédente

Exercice 2 : OemPPH

On va considérer la propagation, dans l'air, milieu assimilé à du vide (on note ε_0 la permittivité diélectrique et μ_0 la perméabilité magnétique), d'un champ électrique donné par : $\underline{\vec{E}} = E_0 expj(\omega t - kx)\overrightarrow{u_y}$

1) Vérifier que cette onde est bien solution de l'équation de propagation des OEM dans le vide
2) Donner l'expression du vecteur champ magnétique $\underline{\vec{B}}$ et de son intensité B_0.
3) Donner la définition du vecteur de Poynting $\vec{\pi}$.
4) Exprimer la valeur moyenne temporelle $< \vec{\pi} >$ de ce vecteur en fonction de E_0, c et μ_0
5) Donner l'expression de la densité volumique moyenne d'énergie électromagnétique.
6) Exprimer l'énergie dU_e traversant une surface S pendant dt secondes :
   - En utilisant le vecteur de Poynting moyen
   - En utilisant la densité volumique moyenne d'énergie électromagnétique (on notera v_e la vitesse de propagation de l'énergie)
7) A quelle vitesse se propage l'énergie ?

Exercice : Equation de d'Alembert et solutions

$$\begin{cases} div\underline{\vec{E}} = 0 \to -j\vec{k}.\underline{\vec{E}} = 0 \leftrightarrow \vec{k} \perp \underline{\vec{E}} \\ div\underline{\vec{B}} = 0 \leftrightarrow \vec{k} \perp \underline{\vec{B}} \\ \overrightarrow{rot}\underline{\vec{E}} = -\frac{\partial \underline{\vec{B}}}{\partial t} \\ \overrightarrow{rot}\underline{\vec{B}} = \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial \underline{\vec{E}}}{\partial t} \end{cases}$$

De plus $\Delta\vec{E} - \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2} = \vec{0}$

- Le champ $\vec{E} = E_0\cos(\omega t - kz)\overrightarrow{u_x}$ se propage suivant les z croissants et est polarisé suivant $\overrightarrow{u_x}$. $\Delta\vec{E} = -k^2E_0\cos(\omega t - kz)\overrightarrow{u_x}$ et $\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2} = -\omega^2E_0\cos(\omega t - kz)\overrightarrow{u_x}$
- On pose $u = t - \frac{x}{c}$ et $\Delta\vec{E} = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}\overrightarrow{u_z} = \frac{1}{c^2}f''(u)\overrightarrow{u_z}$ et $\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2} = f''(u)\overrightarrow{u_z}$
- $\Delta\vec{E} = -k^2E\overrightarrow{u_y}$ et $\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2} = -\omega^2E\overrightarrow{u_y}$

Exercice 2 :

Cette solution impose $k = \frac{\omega}{c}$

D'après Maxwell Faraday :$\underline{\vec{B}} = \frac{\vec{u}\wedge\underline{\vec{E}}}{c} = -\frac{E_0}{c}expj(\omega t - kx)\overrightarrow{u_z}$. Donc $B_0 = \frac{E_0}{c}$

Par définition : $\vec{\pi} = \frac{\vec{E}\wedge\vec{B}}{\mu_0}$

Si on utilise la notation complexe :$< \vec{\pi} > = \frac{1}{2\mu_0}Re\left(\underline{\vec{E}} \wedge \underline{\vec{B}^*}\right) = \frac{E_0B_0}{2\mu_0}\overrightarrow{e_z} = \frac{{E_0}^2}{2c\mu_0}\overrightarrow{e_z}$

Avec la notation réelle $E = E_0\cos(\omega t - kz)$ et se ramène à la valeur moyenne d'un cosinus carré : $< \vec{\pi} > = \frac{{E_0}^2}{2c\mu_0}\overrightarrow{e_x}$

$$dU_e = \frac{{E_0}^2}{2c\mu_0}Sdt = \frac{1}{2}\varepsilon_0E_0^2Scdt$$

$$dU_e = u_{em}Sv_e dt = \frac{1}{2}\varepsilon_0E_0^2Sv_e dt$$

Donc $v_e = c$

Nom : Buttignol Prénom: TOM colle du: 08-01	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	2	10	6,7	11,5
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	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			

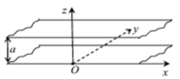
	+	-		
ajustement			note	12

Remarques : exo 1 : vu, plus essouflé pour l'exo 2

Colle 9

Exercice 1 : propagation en zig zag

Le champ électrique se propageant dans un guide d'onde plan, formé de deux plans conducteurs parfaits de dimensions transversales infinies, localisés en $z = 0$ et $z = a$, est de la forme $\vec{E} = A(z)\cos((\omega t - k\,x))\vec{e_y}$ où $A(z) = E_0 \sin\left(\frac{n\pi}{a}z\right)$ avec $n \in \mathbb{N}^*$.



1. Quel est le champ complexe associé au champ entre les plans ?

2. Montrer que ce champ peut être interprété comme la superposition de deux champs de la forme $\vec{E}_{1,2} = \frac{E_0}{2}\sin\left(\omega t - \vec{k}_{1,2}\cdot\vec{r}\right)\vec{e_y}$, dont les vecteur d'onde respectif sont $\vec{k_1} = k\vec{e_x} - \frac{n\pi}{a}\vec{e_z}$ et $\vec{k_2} = k\vec{e_x} + \frac{n\pi}{a}\vec{e_z}$.

3. Montrer ainsi que l'onde guidée entre les deux plans peut s'interpréter en termes de réflexions multiples en incidence oblique entre les plans conducteurs. On admettra ici que le vecteur d'onde d'une OPPEM monochromatique est réfléchi en incidence oblique à la surface d'un conducteur en suivant les mêmes lois de Descartes que pour la réflexion d'un rayon lumineux à la surface d'un miroir.

Activité 2 : Réflexion sur un conducteur réel

On considère la propagation d'une onde électromagnétique du spectre visible dans un conducteur réel pour lequel la conductivité $\gamma \approx 10^5\,S/m$ sera considérée comme constante et réelle. Le conducteur occupe le demi-espace $z > 0$. On donne la constante diélectrique du vide $\varepsilon_0 \approx 10^{-11}\,F/m$.

1) A l'aide de l'équation de Maxwell-Gauss et de l'équation de conservation de la charge, montrer qu'une accumulation de charge en volume au sein d'un conducteur n'est observable que très « brièvement ».

Dans la suite, nous pourrons considérer le milieu conducteur comme électriquement neutre.

2) Ecrire l'équation de Maxwell-Ampère et montrer que le courant de déplacement est négligeable dans nos conditions de travail.
3) Montrer alors que l'équation de propagation du champ électrique dans le conducteur est du type $\Delta\vec{E} = \mu_0\gamma\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}$. Montrer que le champ magnétique vérifie le même type d'équation.
4) On considère la propagation d'un champ électrique de la forme $\underline{\vec{E}} = E_0 \exp\,(i(\omega t - \underline{k}\,z)\overrightarrow{u_x}$ avec $\underline{k}$ a priori complexe pour traduire l'absorption de l'onde.
   a) Montrer que $\underline{k} = \frac{1-i}{\delta}$ où l'on précisera l'expression de δ en fonction des données du sujet.
   b) Montrer que le champ électrique est une onde amortie sur une distance caractéristique que l'on précisera.

Exercice 1 :

1. En complexe le champ entre les plans s'écrit $\underline{\vec{E}} = E_0 \sin\left(\frac{n\pi}{a}z\right)\exp(i(\omega t - k\,x))\vec{e_y}$.

Remarquons que :

$\sin\left(\frac{n\pi}{a}z\right) = \frac{1}{2i}\left(\exp\left(i\frac{n\pi}{a}z\right) - \exp\left(-i\frac{n\pi}{a}z\right)\right) = -\frac{i}{2}\left(\exp\left(i\frac{n\pi}{a}z\right) - \exp\left(-i\frac{n\pi}{a}z\right)\right)$.

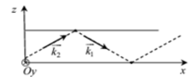
Ainsi le champ complexe entre les plans se met sous la forme :

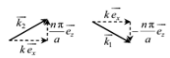
$\underline{\vec{E}} = \frac{iE_0}{2}\left(\exp\left(i\left(\omega t - k\,x - \frac{n\pi}{a}z\right)\right) - \exp\left(i\left(\omega t - k\,x + \frac{n\pi}{a}z\right)\right)\right)\vec{e_y}$, $n \in \mathbb{N}^*$.

2. Avec $\vec{k_2} = k\vec{e_x} + \frac{n\pi}{a}\vec{e_z}$ et $\vec{k_1} = k\vec{e_x} - \frac{n\pi}{a}\vec{e_z}$, il vient :

$\underline{\vec{E}} = -\frac{iE_0}{2}\left(\exp\left(i\left(\omega t - \vec{k_1}\cdot\vec{r}\right)\right) - \exp\left(i\left(\omega t - \vec{k_2}\cdot\vec{r}\right)\right)\right)\vec{e_y}$, où $\vec{r} = x\vec{e_x} + z\vec{e_z}$. En repassant en réel, on a ainsi $\boxed{\vec{E} = \mathrm{Re}\{\underline{\vec{E}}\} = \frac{E_0}{2}\left(\sin\left(\omega t - \vec{k_1}\cdot\vec{r}\right) - \sin\left(\omega t - \vec{k_2}\cdot\vec{r}\right)\right)\vec{e_y}}$.

3. L'onde entre les plans conducteurs est ainsi la superposition d'une OPPM de vecteur d'onde $\vec{k_2} = k\vec{e_x} + \frac{n\pi}{a}\vec{e_z}$ et d'une autre de vecteur d'onde $\vec{k_1} = k\vec{e_x} - \frac{n\pi}{a}\vec{e_z}$, qui peut s'interpréter comme étant issue de la réflexion en incidence oblique sur la surface du conducteur du vecteur d'onde $\vec{k_1}$. Ainsi la propagation peut s'interpréter en termes de réflexions multiples entre les plans conducteurs.





Exercice 2 :

On obtient $\frac{\partial\rho}{\partial t} + \frac{\rho}{\tau} = 0$ avec $\tau = \frac{\varepsilon_0}{\gamma_0} \approx 10^{-19}s$. Ce temps est à comparer avec la période de l'onde $T \approx 0{,}5 \times 10^{-15}s$. Ainsi, nous pourrons considérer le milieu comme globalement neutre en présence de l'onde.

De même, dans le domaine visible : $\left\|\frac{\mu_0\gamma_0\vec{E}}{\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}}\right\| \approx \frac{\gamma_0}{\varepsilon_0\omega} \approx 10^5$ donc $\overrightarrow{rot}\vec{B} = \mu_0\gamma_0\vec{E}$

Donc : $\overrightarrow{rot}\left(\overrightarrow{rot}\vec{E}\right) = \overrightarrow{grad}\left(div\vec{E}\right) - \Delta\vec{E}$ donne $\Delta\vec{E} = \mu_0\gamma\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}$

De même $\overrightarrow{rot}\left(\overrightarrow{rot}\vec{B}\right) = \overrightarrow{grad}\left(div\vec{B}\right) - \Delta\vec{B}$ donne aussi $\Delta\vec{B} = \mu_0\gamma\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$

En injectant $\underline{\vec{E}} = E_0\exp\,(i(\omega t - \underline{k}z)\overrightarrow{u_x}$ dans l'équation de propagation, on obtient $k^2 = -j\mu_0\gamma_0\omega$ et donc $\underline{k} = \frac{1-i}{\delta}$ en posant $\delta = \sqrt{\frac{2}{\mu_0\gamma_0\omega}}$ et donc $\vec{E} = E_0 e^{-z/\delta}\cos\,(\omega t - \frac{z}{\delta})\overrightarrow{u_x}$

Nom :Maroussi Prénom:Baptiste colle du: 08-01	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	1	10	3,3	7,0
Connaître les hypothèses d'application des résultats	1			
Savoir appliquer directement son cours sur un exemple simple	0			
S'approprier : faire un schéma, identifier les grandeurs physiques et les hypothèses	1	6	1,5	
Analyser : adapter l'écriture des relations, théorèmes ou principes à la situation proposée	NE			
Réaliser :Savoir mener les calculs analytiques, numériques, résolutions d'équations	0			
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			

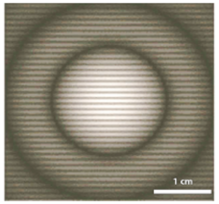
	+	-		
ajustement		*	note	6

Remarques : Impossible de démontrer l'équation de Fresnel, confusion entre optique géométrique et optique ondulatoire !

Exercice 1 : Optique ondulatoire

On considère deux tous sources, situés respectivement en O_1 et O_2. Ces trous émettent respectivement deux ondes parfaitement cohérentes de la forme $a_1(M,t) = A\cos(\omega t - k_0(O_1M))$ et $a_2(M,t) = A\cos(\omega t - k_0(O_2M))$.

1) Montrer que l'éclairement en M est donné par $\varepsilon(M) = 2\varepsilon_0(1+\cos(\Delta\phi))$. On cherchera à exprimer $\Delta\phi$ en fonction des seules données de cette question.
2) Avec le dispositif des trous d'Young, on obtient la figure suivante :



a) Dessiner le dispositif expérimental. On donnera surtout le positionnement des trous
b) Comparer l'éclairement calculé à la question précédente avec la figure ci-dessus.
c) Montrer que la figure ci-dessus (document 5) permet d'estimer les valeurs de la longueur d'onde λ_0 et le diamètre b des trous. On note $D = 1m$ la distance entre les trous et le plan d'observation, $a = 0{,}5mm$ la distance entre les trous.

Activité : Démarche expérimentale

Au cours d'une conférence présentant l'iPhone 4 et son écran Rétina, Steve Jobs a affirmé que « le nombre de pixels des écrans Rétina permet de satisfaire la résolution limite de l'œil lorsqu'on regarde un écran à 10 pouces ».

Proposer puis réaliser un protocole permettant de valider cette affirmation de Steve Jobs. (On rappelle qu'un pouce = 2,54 cm).

Exercice 1 : Optique ondulatoire

L'éclairement $E(M)$ au point M est donné par : $E = K\underline{a}(M) \times \underline{a}^*(M)$

$$E = KA_0^2 + KA_0^2 + 2\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0}\delta\right) = 2E_0(1+\cos\Delta\phi)$$

Avec $\Delta\phi$, qui est la différence de phase entre les deux rayons, tel que $\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda_0}\delta(x)$ et E_0 l'éclairement d'une source prise isolément.

Afin de minimiser les incertitudes, on effectue la mesure de 19 interfranges qui occupe L=1,9cm.

En utilisant directement $i = \frac{\lambda D}{a}$ on obtient $\lambda \simeq 5\times10^{-7}m$

La formule de la diffraction par un trou permet d'obtenir b en repérant l'annulation du contraste de la figure d'interférence : $\theta_{diff} \simeq 0{,}61\frac{\lambda}{b} \simeq \frac{y_{min}}{D}$

Soit $b \simeq 0{,}61 \times \frac{\lambda D}{y_{min}} \simeq 0{,}61 \times \frac{2ia}{19L}$ (avec cette 2ᵉ expression, il n'est pas utile d'utiliser l'échelle)

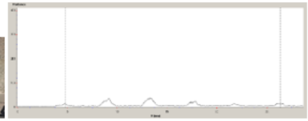
On obtient $\boxed{b \simeq 3\times10^{-4}m}$

Activité : Démarche expérimentale

1ᵉ étape : La résolution angulaire de l'œil est typiquement de l'ordre de $10^{-3}rad$ (1mm pour 1m)

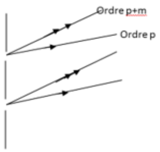
2ᵉ étape : A 10 pouces de l'écran soit 25,4cm, on doit apprécier au moins un pixel, ce qui fixe sa dimension supérieure ~~à 254~~ µm

3ᵉ étape : On réalise l'expérience suivante en incidence normale avec un laser VERT intense :



On obtient sur la caméra CCD :

4ᵉ étape : Schématisation



En incidence normale :

$$a\sin\theta_p = p\lambda$$

Et :

$$a\sin\theta_{p+m} = (p+m)\lambda$$

Sur le capteur, on a $\sin(\theta_p) \simeq \frac{x_p}{D}$ et $\sin(\theta_{p+m}) \simeq \frac{x_{p+m}}{D}$

Donc $\Delta X = m\frac{\lambda D}{a}$

On mesure alors $a = 74\mu m$

5ᵉ étape : Vérification

Ce résultat est cohérent car il prévoit 6400kpixels : la doc de l'Ipad en prévoit 5500kpixels