Physique : Interrogation S4 n°2

Lundi 6 Mai — Durée : 1h

CORRIGE

NOM : **PRENOM :** **Note : /20**

Réflexion d'une onde électromagnétique sur un milieu diélectrique : application au traitement des verres de lunettes

TOTAL		**20**
1) /1.5	L'onde incidente est d'abord en partie réfléchie à l'interface avec le milieu 2 (en x=0), puisqu'on a changement de milieu et une partie est transmise dans le milieu 2. L'onde transmise dans le milieu 2 est à son tour en partie réfléchie à l'interface avec le milieu 3 (x=e). L'onde issue de cette réflexion va alors être elle-même partiellement réfléchie et transmise à l'interface avec le milieu 1, etc…On a donc un phénomène de **réflexions multiples** au niveau des interfaces entre le milieu 1 et le milieu 2 et entre le milieu 2 et le milieu 3. (On rappelle que l'énoncé stipule qu'il n'y a pas de réflexion à la sortie du milieu 3). Ainsi dans le milieu 1, nous aurons la **superposition de l'onde** issues de la réflexion de l'onde incidente à l'interface x=0 et des ondes revenant de la seconde interface, avec des amplitudes de plus en plus faibles et avec des retards correspondant au temps qu'il faut aux ondes pour parcourir la distance d = 2e dans le milieu 2. La somme de ces ondes de même amplitude donne une onde rétrograde, dont l'amplitude et la phase à l'origine dépendent des impédances des milieux en présence et de l'épaisseur du revêtement. Dans le milieu 2, nous avons deux ondes, l'une somme de toutes les ondes se propageant dans le sens des x croissants, et l'autre somme des ondes se propageant dans le sens des x décroissants. Dans le milieu 3, la somme des ondes transmises à l'interface entre le milieu 2 et le milieu 3 donne une onde dans le sens des x croissants. Schéma montrant : • une onde directe et une onde rétrograde dans le milieu 1 • une onde directe et une onde rétrograde dans le milieu 2 • une onde directe dans le milieu 3	**0.5** **0.5** **-0.5 si remarque.s erronée ou absurde** **0.5** **(0 pour toute erreur dans le schéma)**
2) /4	**Rq : Il était explicitement demandé des expressions en fonction entre autres de E0 et Vi !** $\underline{\overrightarrow{E_{1+}}}(\vec{r},t) = E_0\, e^{j\omega\left(t-\frac{x}{V_1}\right)}\,\overrightarrow{u_z}$ $\underline{\overrightarrow{E_{1-}}}(\vec{r},t) = \underline{r_g} E_0\, e^{j\omega\left(t+\frac{x}{V_1}\right)}\,\overrightarrow{u_z}$ $\underline{\overrightarrow{E_{2+}}}(\vec{r},t) = \underline{a} E_0\, e^{j\omega\left(t-\frac{x}{V_2}\right)}\,\overrightarrow{u_z}$ $\underline{\overrightarrow{E_{2-}}}(\vec{r},t) = \underline{b} E_0\, e^{j\omega\left(t+\frac{x}{V_2}\right)}\,\overrightarrow{u_z}$ $\underline{\overrightarrow{E_{3+}}}(\vec{r},t) = \underline{t_g} E_0\, e^{j\omega\left(t-\frac{x}{V_3}\right)}\,\overrightarrow{u_z}$ (Ou $\underline{\overrightarrow{E_{3+}}}(\vec{r},t) = \underline{t} E_0\, e^{j\omega\left(t-\frac{x-e}{V_3}\right)}\,\overrightarrow{u_z}$) $\underline{\overrightarrow{B_{1+}}}(\vec{r},t) = -\frac{E_0}{V_1}\, e^{j\omega\left(t-\frac{x}{V_1}\right)}\,\overrightarrow{u_y}$ $\underline{\overrightarrow{B_{1-}}}(\vec{r},t) = \frac{\underline{r_g} E_0}{V_1}\, e^{j\omega\left(t+\frac{x}{V_1}\right)}\,\overrightarrow{u_y}$	**0.25** **0.5** **0.25** **0.25** **0.25** **(à chaque ligne, 0 pour toute erreur. -0.5/1.5 si exprimé en fonction de k)** **0.5** **0.5**

	$\overrightarrow{\underline{B}_{2+}}(\vec{r},t) = -\frac{\underline{a}E_0}{V_2} e^{j\omega\left(t-\frac{x}{V_2}\right)} \overrightarrow{u_y}$ $\overrightarrow{\underline{B}_{2-}}(\vec{r},t) = \frac{\underline{b}E_0}{V_2} e^{j\omega\left(t+\frac{x}{V_2}\right)} \overrightarrow{u_y}$ $\overrightarrow{\underline{B}_{3+}}(\vec{r},t) = -\frac{\underline{t_g}E_0}{V_3} e^{j\omega\left(t-\frac{x}{V_3}\right)} \overrightarrow{u_y}$ (Ou $\overrightarrow{\underline{B}_{3+}}(\vec{r},t) = -\frac{\underline{t_g}E_0}{V_3} e^{j\omega\left(t-\frac{x-e}{V_3}\right)} \overrightarrow{u_y}$) **Compter juste si l'étudiant.e définit d'abord un terme d'amplitude complexe ET l'exprime ensuite en fonction de E_0 dans la question suivante via les coefficients (en effet certains ne l'ont fait qu'en question 3…même si c'était demandé en question 2 !...). Evidemment, si l'expression des coefficient rg, tg , a ou b est ensuite fausse, compter faux l'expression.**	**0.5** **0.5** **0.5** **(pour chaque ligne, 0 pour toute erreur, -1/2.5 si exprimé en fonction de k)**
3) /9.5	En x=0 Continuité de la composante tangentielle du champ $\overrightarrow{\underline{E}}$ Continuité de la composante tangentielle du champ $\overrightarrow{\underline{B}}$ car pas de courant surfacique $\vec{\underline{E}}_{1+}(0,t) + \vec{\underline{E}}_{1-}(0,t) = \vec{\underline{E}}_{2+}(0,t) + \vec{\underline{E}}_{2-}(0,t)$ $\frac{\vec{\underline{B}}_{1+}(0,t)}{\mu_0} + \frac{\vec{\underline{B}}_{1-}(0,t)}{\mu_0} = \frac{\vec{\underline{B}}_{2+}(0,t)}{\mu_0} + \frac{\vec{\underline{B}}_{2-}(0,t)}{\mu_0}$ D'où $\mathbf{1 + \underline{r}_g = \underline{a} + \underline{b}}$ $-\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{V_1}} + \frac{\underline{\underline{\boldsymbol{r_g}}}}{\boldsymbol{V_1}} = -\frac{\underline{\boldsymbol{a}}}{\boldsymbol{V_2}} + \frac{\underline{\boldsymbol{b}}}{\boldsymbol{V_2}}$ En x=e $\vec{\underline{E}}_{2+}(e,t) + \vec{\underline{E}}_{2-}(e,t) = \vec{\underline{E}}_{3+}(e,t)\backslash$ $\frac{\vec{\underline{B}}_{2+}(e,t)}{\mu_0} + \frac{\vec{\underline{B}}_{2-}(e,t)}{\mu_0} = \frac{\vec{\underline{B}}_{3+}(e,t)}{\mu_0}$ D'où $\boldsymbol{\underline{a}e^{-jk_2e} + \underline{b}e^{jk_2e} = \underline{t}_g e^{-jk_3e}}$ $\boldsymbol{\frac{-\underline{a}}{V_2}e^{-jk_2e} + \frac{\underline{b}}{V_2}e^{jk_2e} = -\frac{\underline{t}_g}{V_3}e^{-jk_3e}}$	**0.5** **(justification B)** **0.5** **0.5** **1.5** **(0 pour toute erreur)** **1.5** **(idem)** **0.5** **0.5** **2** **(0 pour toute erreur)** **2** **(0 pour toute erreur)**
4) /1.5	Le champ électrique total dans le milieu 2 est : $\vec{\underline{E}}_t(x,t) = \vec{\underline{E}}_{2+}(x,t) + \vec{\underline{E}}_{2-}(x,t) = E_0 e^{j\omega t}\left(\underline{a}e^{-jk_2x} + \underline{b}e^{jk_2x}\right)\overrightarrow{u_z}$ $\Rightarrow \vec{\underline{E}}_t(x,t) = E_0\left(\underline{a}-\underline{b}\right)e^{j(\omega t-k_2x)}\overrightarrow{u_z} + \underline{b}E_0 e^{j\omega t}(e^{-jk_2x}+e^{jk_2x})\overrightarrow{u_z}\backslash$ $= \left(\underline{a}-\underline{b}\right)E_0 e^{j(\omega t-k_2x)}\overrightarrow{u_z} + 2\underline{b}E_0 e^{j\omega t}\cos(k_2x)\,\overrightarrow{u_z}$ Cette onde est la <u>superposition d'une onde progressive directe d'amplitude (a-b) (premier terme), et d'une onde stationnaire d'amplitude 2b</u> (second terme), Ou bien : c'est une onde imparfaitement stationnaire	**1** **0.5**
5) /0.5	Pour que le revêtement soit parfaitement anti-reflets, il faut que le coefficient de réflexion soit nul Il faut donc que l'impédance vérifie, $\eta_2 = \sqrt{\eta_1\eta_3}$	**0.5**
6) /1.5	L'onde réfléchie par la seconde interface a parcouru la distance $d = 2e$ en plus, par rapport à l'onde directement réfléchie par la première interface. Or, l'épaisseur vérifie $2k_2e = (2p+1)\pi \Leftrightarrow k_2d = (2p+1)\pi$	**0.5** **0,5**

	Deux ondes réfléchies successives se superposent donc en opposition de phase au niveau de la première interface. Elles ne se compensent pas parfaitement sauf quand la condition de la question 5 est remplie.	**0.5**
7) /1.5	Si $2k_2e = 2p\pi$ alors $e^{-2jk_2e} = 1$ $$\Rightarrow \underline{r}_g = \frac{r_{12}+r_{23}}{1+r_{12}r_{23}} = \frac{\frac{2(\eta_2\eta_3-\eta_1\eta_2)}{(\eta_2+\eta_1)(\eta_3+\eta_2)}}{\frac{2\eta_2(\eta_1+\eta_3)}{(\eta_2+\eta_1)(\eta_3+\eta_2)}} = \frac{\eta_3-\eta_1}{\eta_3+\eta_1} = r_{13}$$ On retrouve le même coefficient que si on avait mis directement en contact les milieux 1 et 3. Le revêtement ne joue donc strictement aucun rôle	**1** **0.5**