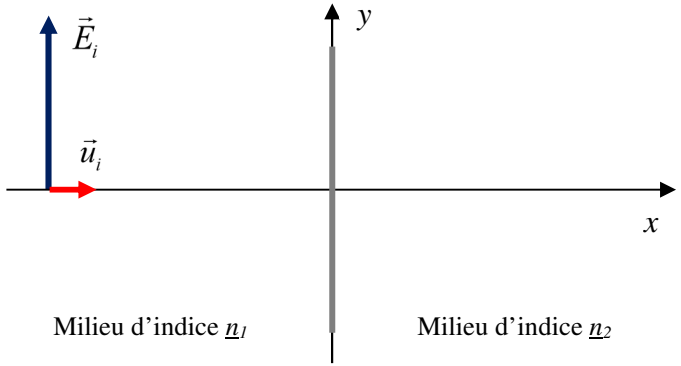
Plasmas – Réflexion et transmission

Démonstrations du cours 2/2

On considère deux demi-espaces d'indices complexes $\underline{n_1}$ et $\underline{n_2}$ séparés par le dioptre plan d'équation $x = 0$ et une onde électromagnétique plane progressive monochromatique se propageant dans la direction $\vec{e}_x$ (arrivant donc sous incidence normale sur le dioptre) polarisée rectilignement selon $\vec{e}_y$ (donc transverse) avec un vecteur d'onde complexe (pseudo-OPPH).

On prend l'origine des phases pour le champ incident en $x = 0$ à $t = 0$ et on note E_{0i} l'amplitude du champ électrique dans ce plan à cet instant.



On admet la continuité du champ électrique et du champ magnétique à l'interface entre les deux milieux.

Les démonstrations de cet exercice sont analogues à celles effectuées pour les ondes sonores ou les ondes mécaniques (corde vibrante).

1. Définir, en notation complexe, les coefficients de réflexions $\underline{r}_{1\to2}$ et de transmission $\underline{t}_{1\to2}$ en amplitude pour le champ électrique dans le sens milieu 1 vers milieu 2 en $x = 0$.

2. Donner l'expression complexe du champ électrique incident d'amplitude réelle E_{0i} puis les expressions des champs électriques réfléchis et transmis d'amplitudes complexes respectives $\underline{E}_{0r}$ et $\underline{E}_{0tr}$.
   En déduire les expressions des champs électriques dans les deux milieux.

3. En utilisant les relations de structure (à retrouver si nécessaire via les équations de Maxwell en notation complexe), exprimer les champs magnétiques incident, réfléchi et transmis.
   En déduire les expressions des champs magnétiques dans les deux milieux.

4. Écrire les deux relations (entre les amplitudes des champs et les indices) issues des deux équations de continuité (admises, cf. encadré ci-dessus).

5. A l'aide des questions précédentes, exprimer les coefficients $\underline{r}_{1\to2}$ et $\underline{t}_{1\to2}$ en fonction des indices complexes $\underline{n}_1$ et $\underline{n}_2$ des deux milieux.

6. Lorsque les indices sont réels (milieux diélectriques tels que l'air, le verre…), le champ réfléchi est-il toujours en phase avec le champ incident ?

7. Coefficients énergétiques dans le cas d'indices réels n_1 et n_2
   On suppose dans la suite que les indices des deux milieux sont réels.

   7.1. Exprimer tous les champs électriques et magnétiques en notation réelle (incident, réfléchi et transmis) en fonction de E_{0i}, ω, n_1, n_2, c et des coefficients de réflexion/transmission.

   7.2. En déduire les vecteurs de Poynting incident, réfléchi et transmis à l'interface $x = 0$.

   7.3. Calculer leurs moyennes temporelles.

   7.4. En déduire les puissances moyennes incidente, réfléchie et transmise traversant un élément de surface $d\vec{S}$ de l'interface $x = 0$ (en choisissant $d\vec{S}$ dans le sens de l'onde considérée).

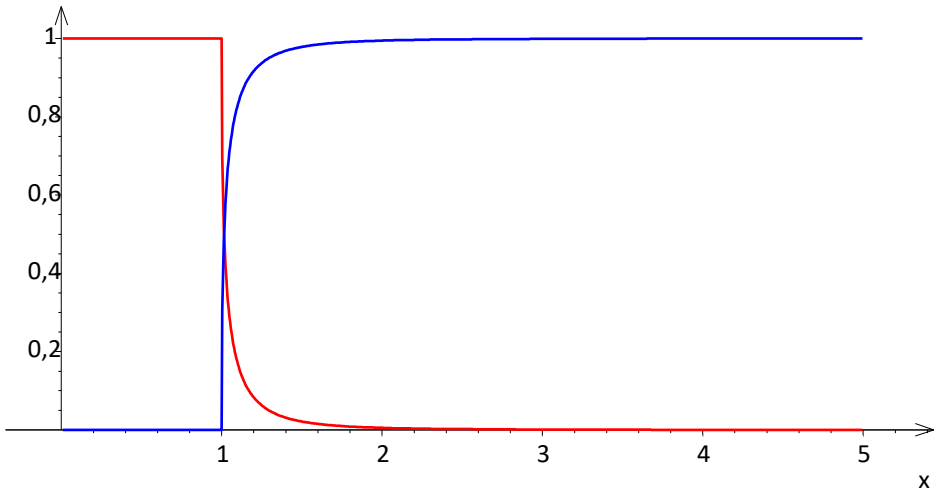
   7.5. Définir les coefficients de réflexion $R_{1\to2}$ et de transmission $T_{1\to2}$ en puissance dans le sens milieu 1 vers milieu 2 puis les exprimer en fonction de n.

   7.6. Calculer la somme de ces coefficients et interpréter le résultat.

   7.7. Donner l'ordre de grandeur de R et T pour une interface air/verre puis pour une vitre (simple vitrage).

   7.8. Dans le cas d'un plasma dans le domaine de transparence, on a : $n = \sqrt{1-\left(\frac{\omega_P}{\omega}\right)^2}$.

   On donne l'allure des graphes $R(x)$ et $T(x)$ où $x = \omega/\omega_P$.



Identifier les courbes qui correspondent à $R(x)$ et $T(x)$ et les commenter.