

Examen de la session ordinaire - Juin 2023
(Durée 1 heure 30)

-I-

- 1) Montrer que dans un milieu aimanté linéaire, homogène et isotrope l'absence de courant volumique réel entraîne l'absence de courant volumique fictif et réciproquement.
- 2) Montrer que dans le cas d'une onde électromagnétique plane il y a équipartition de l'énergie entre les formes électrique et magnétique.
- 3) Rappeler l'expression de la puissance électromagnétique transportée par une onde électromagnétique.

-II- Propagation d'Ondes Electromagnétiques (OEM) dans les milieux matériels :

On considère trois milieux matériels successifs tels que (voir figure) :

- **Milieu 1 (MD1): diélectrique non absorbant**, de perméabilité magnétique (μ_0), de permittivité diélectrique relative (ϵ_{r1}) et d'indice de réfraction (n_1).
- **Milieu 2 (MD2): diélectrique non absorbant**, de perméabilité magnétique (μ_0), de permittivité diélectrique relative (ϵ_{r2}) et d'indice de réfraction (n_2).
- **Milieu 3: conducteur parfait.**

Les milieux **1** et **2** sont séparés par une surface (Σ_1) plane confondue avec le plan **XOZ** d'un repère cartésien $\mathcal{R}(O, X, Y, Z)$, ne contenant ni charges réelles ($\sigma = 0$), ni courant réel ($\vec{k} = \vec{0}$).

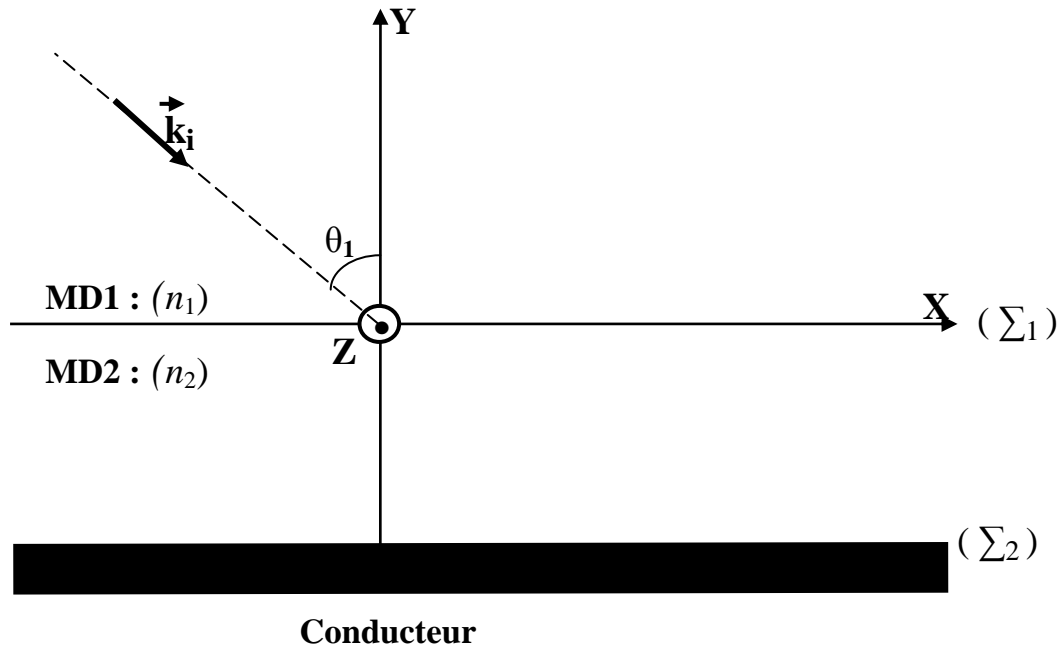
Les milieux **2** et **3** sont séparés par une surface (Σ_2) parallèle à la surface (Σ_1), dépourvue également de charges réelles ($\sigma = 0$) et de courant réel ($\vec{k} = \vec{0}$).

On repère un point **M** de l'espace par ses coordonnées cartésiennes (x, y, z).

Une **OEM** incidente ($\vec{E}_i, \vec{B}_i, \vec{k}_i$), plane monochromatique de pulsation ω et de vecteur d'onde \vec{k}_i , **polarisée parallèlement à la direction OZ**, se propageant dans le milieu (**MD1**), arrive à la surface (Σ_1) sous un angle d'incidence θ_1 , donnant naissance à :

- une onde ($\vec{E}_{r1}, \vec{B}_{r1}, \vec{k}_{r1}$) réfléchiée dans le milieu (**MD2**) à la surface (Σ_1),
- une onde ($\vec{E}_t, \vec{B}_t, \vec{k}_t$) transmise dans le milieu (**MD2**) sous un angle de réfraction θ_2
- une onde ($\vec{E}_{r2}, \vec{B}_{r2}, \vec{k}_{r2}$), réfléchiée dans le milieu (**MD2**), à la surface (Σ_2) du milieu conducteur.

REMARQUE : On considère le cas où les milieux **1** et **2** sont tels que ($n_1 < n_2$).



- 1) Rappeler la relation de structure de l'onde plane entre les grandeurs vectorielles.
- 2) Exprimer les vecteurs d'onde \vec{k}_i , \vec{k}_{r1} , \vec{k}_t et \vec{k}_{r2} dans la base cartésienne $(\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$.

On posera : $k_i = k_{r1} = k_1$ et $k_t = k_{r2} = k_2$.

- 3) Dessiner la figure qui illustre cette propagation et représenter les champs électromagnétiques $(\vec{E}_i, \vec{B}_i, \vec{E}_{r1}, \vec{B}_{r1}, \vec{E}_t, \vec{B}_t, \vec{E}_{r2}, \vec{B}_{r2})$, en s'appuyant sur les propriétés des ondes électromagnétiques planes et les facteurs de réflexion et de transmission en amplitude aux surfaces de séparation (Σ_1) et (Σ_2) entre les différents milieux de propagation.

4) On désignera par :

- ♦ E_{0i}, E_{0r1}, E_{0t} et E_{0r2} les amplitudes respectives des champs électriques $\vec{E}_i, \vec{E}_{r1}, \vec{E}_t$ et \vec{E}_{r2} .
- ♦ B_{0i}, B_{0r1}, B_{0t} et B_{0r2} les amplitudes respectives des champs magnétiques $\vec{B}_i, \vec{B}_{r1}, \vec{B}_t$ et \vec{B}_{r2} .

a- Ecrire les relations de structures reliant E_{0i} et B_{0i} , E_{0r1} et B_{0r1} , E_{0t} et B_{0t} , E_{0r2} et B_{0r2}

b- Exprimer les champs électromagnétiques :

- $(\vec{E}_i(M, t), \vec{B}_i(M, t))$ de l'onde incidente,
- $(\vec{E}_{r1}(M, t), \vec{B}_{r1}(M, t))$ de l'onde réfléchie dans le milieu (1),
- $(\vec{E}_t(M, t), \vec{B}_t(M, t))$ de l'onde transmise dans le milieu (2)
- $(\vec{E}_{r2}(M, t), \vec{B}_{r2}(M, t))$ de l'onde réfléchie dans le milieu (2).

- 5) Vérifier que la composante tangentielle du champ électrique \vec{E} est continue à la surface (Σ_1)
- 6) Déterminer le vecteur de Poynting $\vec{\mathcal{R}}_i$ de l'onde incidente $(\vec{E}_i, \vec{B}_i, \vec{k}_i)$. Conclure.

=====