plan du cours de propagation d'ondes électromagnétiques dans le vide

CHAMP ÉLECTROMAGNETIQUE DANS UN MILIEU MATÉRIEL OU AU VOISINAGE D'UN MILIEU MATÉRIEL

A) CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE DANS UN MILIEU MATÉRIEL :

I) ÉQUATIONS DE MAXWELL :

1) Dans le vide :

définitions:

a) $D = \varepsilon_0 . E$ = vecteur excitation (du champ) électrique

b) $H = \dfrac{B}{\mu_0}$ = vecteur excitation (du champ) magnétique

équations de Maxwell :

$$rotE = -\frac{\partial B}{\partial t} \qquad rotH = j + \frac{\partial D}{\partial t}$$
$$divB = 0 \qquad divD = \rho$$

2) Dans un milieu diélectrique et magnétique, linéaire, homogène, isotrope, transparent :

dans un tel milieu : les caractéristiques intrinsèques du milieu sont décrites par le lien entre les vecteurs E, D, B, H : $D = \varepsilon_0 . \varepsilon_r . E$ et : $H = \dfrac{B}{\mu_0 \mu_r}$

où E, D, B, H vérifient formellement les mêmes équations de Maxwell que dans le vide:

$$rotE = -\frac{\partial B}{\partial t} \qquad rotH = j + \frac{\partial D}{\partial t}$$
$$divB = 0 \qquad divD = \rho$$

3) Dans un milieu diélectrique sans propriétés magnétiques (c'est-à-dire avec les mêmes propriétés magnétiques que le vide), linéaire, homogène, isotrope, transparent :

équations de Maxwell, avec les hypothèses simplificatrices de l'optique : ρ = 0 et $j = 0$:

$$rotE = -\frac{\partial B}{\partial t} \qquad rotH = \frac{\partial D}{\partial t} \qquad rotB = \varepsilon_0 . \varepsilon_r . \mu_0 . \frac{\partial E}{\partial t}$$

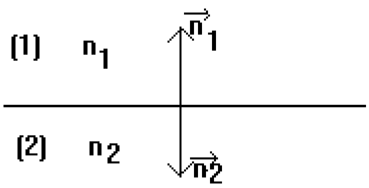
$$divB = 0 \qquad divD = 0 \qquad divE = 0$$

4) Propagation d'une onde électromagnétique :

la célérité d'une onde électromagnétique dans un milieu diélectrique, linéaire, homogène, isotrope, transparent, caractérisé par la permittivité diélectrique relative ε_r , est : V = C/n où: $n = (\varepsilon_r . \mu_r)^{1/2}$

II) RELATIONS DE CONTINUITÉ-DISCONTINUITÉ :

notations :



1. Composante normale de l'excitation électrique : relation de (dis)continuité correspondant à l'équation de Maxwell-Gauss: $D_1 . n_1 + D_2 . n_2 = \sigma$

2. Composante tangentielle de l'excitation magnétique : relation de (dis)continuité correspondant à l'équation de Maxwell-Ampère : $n_1 \wedge H_1 + n_2 \wedge H_2 = j_s$

3. Composante tangentielle du champ électrique : relation de continuité correspondant à l'équation de Maxwell-Faraday : $E_{1T} = E_{2T}$

4. Composante normale du champ magnétique : relation de continuité correspondant à l'équation de Maxwell-flux : $B_{1N} = B_{2N}$

5. Application à l'optique :

hypothèses simplificatrices de l'optique: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_0$; $\rho = 0$; $\sigma = 0$; $j = 0$; $j_s = 0$; alors:

$$E_{1T} = E_{2T} \qquad B_{1N} = B_{2N}$$
$$D_{1N} = D_{2N} \qquad B_{1T} = B_{2T}$$

B) CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE AU VOISINAGE D'UN CONDUCTEUR IDÉAL :

I) CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE À L'INTÉRIEUR D'UN CONDUCTEUR IDÉAL :

à l'intérieur d'un conducteur idéal (de conductivité infinie) :

1) on a obligatoirement: $E = 0$
$\rho = 0$

2) on peut considérer, si l'on ne s'intéresse pas aux grandeurs statiques, que : $B = 0$
$j = 0$

II) CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE DANS LE VIDE AU VOISINAGE DE LA SURFACE D'UN CONDUCTEUR IDÉAL :

1) Champ électrique :

composante tangentielle : $E_T = 0$

composante normale : $E_N = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0} n$ (n = vecteur unitaire normal sortant du conducteur)

2) Champ magnétique :

composante normale : $B_N = 0$

composante tangentielle : $B_T = \mu_0 . j_S \wedge n$ (n = vecteur unitaire normal sortant du conducteur)

III) CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE DANS UN MILIEU LHI AU VOISINAGE DE LA SURFACE D'UN CONDUCTEUR IDÉAL :

1) Champ électrique :

composante tangentielle : $E_T = 0$

composante normale : $D_N = \sigma n$ $E_N = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon_r} n$ (n = vecteur unitaire normal sortant du conducteur)

2) Champ magnétique :

composante normale : $B_N = 0$

composante tangentielle : $H_N = j_S \wedge n$

$B_T = \mu_0 \mu_r . j_S \wedge n$ (n = vecteur unitaire normal sortant du conducteur)

C) CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE AU VOISINAGE D'UN CONDUCTEUR NON IDÉAL :

I) CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE À L'INTÉRIEUR D'UN CONDUCTEUR NON IDÉAL:

1) Équations de Maxwell dans un conducteur non idéal :

$$rotE = -\frac{\partial B}{\partial t}(MF) \qquad rotB = \mu_0 . j + \varepsilon_0 . \mu_0 . \frac{\partial E}{\partial t}(MA)$$

$$divB = 0(M\Phi) \qquad divE = 0(MG)$$

2) Équations de propagation des champs électrique et magnétique :

$$\square E = \mu_0 . \frac{\partial j}{\partial t}(EPE)$$

$$\square B = -\mu_0 .rot(j)(EPB)$$

3) Résolution des équations de propagation :

II) CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE DANS UN MILIEU LHI OU DANS LE VIDE AU VOISINAGE DE LA SURFACE D'UN CONDUCTEUR NON IDÉAL :

une fois connus les champs électrique et magnétique à l'intérieur du conducteur, on utilise les relations générales de continuité/discontinuité des champs