

LES MILIEUX DIELECTRIQUES (ISOLANTS)

NOTION DE DIPÔLE ELECTRIQUE

Un dipôle électrique (ou électrostatique) est un doublet de charges A(-q) et B(+q) distantes de $d = AB$. Son **moment dipolaire** est donné par: $\vec{p} = qAB$ (orienté de (-) vers (+)) Il s'exprime en Debye (D) $1D = 1/3 \cdot 10^{-29} \text{C.m.}$

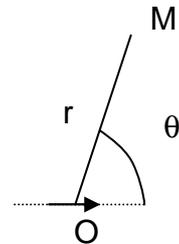
Action d'un champ uniforme sur un dipôle

Cette action se limite à un couple de **moment vectoriel**: $\vec{\Gamma} = \vec{p} \wedge \vec{E}$.

Champ et potentiel créé par un dipôle électrostatique

Le potentiel est donné par: $V(M) = \frac{\vec{p} \cdot \vec{u}}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ où $\vec{u} = \frac{\vec{OM}}{OM}$

et le champ par ses coordonnées $E_r = \frac{2p \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 r^3}$ et $E_\theta = \frac{p \sin \theta}{4\pi\epsilon_0 r^3}$.



ORGANISATION DES CHARGES ET COURANTS DANS LES ISOLANTS

Un isolant ne contient pas de charges **libres**. $\rho_{\text{libre}} = 0$ et $\vec{j}_{\text{libre}} = \vec{0}$.

Un milieu isolant contient des charges mais elles sont **liées** à un édifice autour duquel elles évoluent. Leur mouvement constitue un courant de charge liées **dit courant de polarisation**.

Action d'un champ électrique sur un isolant

Milieux non polaires: les atomes ou molécules non polaires peuvent se polariser.

Polarisation d'orientation: si le milieu contient déjà des dipôles ceux-ci s'orientent de la même manière.

Description de la polarisation: vecteur polarisation \vec{P}

$\vec{P}(M) = \frac{d\vec{p}}{dV}$ décrit l'état de polarisation de la matière.

EQUATIONS DE MAXWELL DANS LES MILIEUX MATERIELS

On peut définir le "vecteur D" $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$ Ce vecteur n'est pas exigible.

$$\vec{\text{rot}} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (\text{M1})$$

$$\vec{\text{div}} \vec{B} = 0 \quad (\text{M2})$$

$$\vec{\text{div}} \vec{D} = \rho_{\text{libre}} \quad (\text{M3}) \quad \text{Equation de Maxwell-Gauss}$$

$$\vec{\text{rot}} \vec{B} = \mu_0 \left(\vec{j}_{\text{libre}} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) \quad (\text{M4}) \quad \text{Equation de Maxwell-Ampère}$$

Seules les charges **libres** (dites de conduction) apparaissent. Leur sont associés, des courants, ou des densités locales de charge notés ρ_{libres} et \vec{j}_{libres} .

CHARGE ET COURANT DE POLARISATION

charge de polarisation $\rho_{liée} = -\text{div } \vec{P}$ courant de polarisation $\vec{j}_{liées} = \frac{\partial \vec{P}}{\partial t}$

MILIEU DIELECTRIQUE LINEAIRE, HOMOGENE ET ISOTROPE (LHI)

Un milieu DLHI vérifie: $\vec{P} = \epsilon_0 \chi_e \vec{E}$ où χ_e est la **susceptibilité diélectrique du milieu**.

Le lien entre la cause et l'effet est linéaire. $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} = \epsilon_0 (1 + \chi_e) \vec{E}$ soit $\vec{D} = \epsilon \vec{E} = \epsilon_0 \epsilon_r \vec{E}$ où ϵ est la **permittivité diélectrique** du milieu et ϵ_r sa **permittivité relative**. Un milieu non polarisé a une permittivité diélectrique $\epsilon_0 = 1/36 \pi 10^9$ comme le vide.

Rem : permittivité complexe En régime sinusoïdal, $\vec{D} = \epsilon \vec{E} = \epsilon_0 \epsilon_r \vec{E}$.

ASPECT ENERGETIQUE DANS LES MILIEUX DIELECTRIQUE

Le **vecteur de Poynting**: $\vec{R} = \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}}{\mu_0}$ est inchangé et permet le calcul de l'énergie rayonnée.

RELATIONS DE PASSAGE (OU CONDITIONS AUX LIMITES)

A l'interface de milieux diélectriques, on a :

- $\vec{E}_{T2} - \vec{E}_{T1} = 0$ sur la composante tangentielle du champ électrique.
- $\vec{D}_{N2} - \vec{D}_{N1} = \sigma_{libres} \vec{n}_{12}$ sur la composante normale (non exigible).
- $\vec{B}_2 - \vec{B}_1 = \mu_0 \vec{j}_s \text{ libres} \wedge \vec{n}_{12}$ où le vecteur \vec{n}_{12} est orienté du milieu (1) vers le milieu (2)

REFLEXION ET REFRACTION D'UNE OPPMPR A L'INTERFACE DE DEUX MDLHI

On se limite au cas de l'incidence normale de l'onde qui arrive sur un dioptre qui sépare deux milieux non absorbants (on dit parfois transparents) d'indice n_1 et n_2 (qui sont donc réels). L'onde incidente est polarisée rectilignement.

Aucun des milieux ne comporte de charges libres ni superficielles ni volumiques.

Coefficients de réflexion et de transmission des amplitudes

$r = \frac{E_r}{E_i} = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}$ rapport des amplitudes des champs incident et réfléchi.

$t = \frac{E_t}{E_i} = \frac{2n_1}{n_1 + n_2}$ rapport des **amplitudes** des champs incident et transmis.

Rem: **r et t sont différents** selon qu'on passe du milieu 1 dans le milieu 2 ou l'inverse.

Rem: si $n_1 < n_2$ r est négatif. **Cela indique un déphasage de l'onde réfléchie de π .** C'est le cas de la réflexion air verre. On parle de réflexion vitreuse.

Coefficients de réflexion et de transmission des puissances

$R = \frac{\langle R_r \rangle}{\langle R_i \rangle} = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$ rapport des vecteurs de Poynting moyens $T = \frac{\langle R_t \rangle}{\langle R_i \rangle} = \frac{4n_1 n_2}{(n_1 + n_2)^2}$.

- Rem : $R+T=1$