

**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)  $1D = 1/3 \cdot 10^{-29} C.m$ .

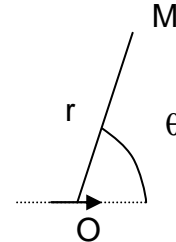
**Action d'un champ uniforme sur un dipôle**

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  $\vec{u} = \frac{OM}{OM}$

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.  $\rho_{libre} = 0$  et  $\vec{j}_{libre} = \vec{0}$ .

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.

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

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

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

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

Seules les charges **libres** (dites de conduction) apparaissent. Leur sont associés, des courants, ou des densités locales de charge notés  $\rho_{libres}$  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  $\chi_e$  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  $\epsilon$  est la **permittivité diélectrique** du milieu et  $\epsilon_r$  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  $\pi$ .** 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 :  $R+T=1$