Chapitre 2

Milieux diélectriques

2.1 Introduction

2.1.1 Notion de conducteur parfait

Proposition 1.1 : Propriétés d'un conducteur parfait

- $E_{int} = 0$
- Quand on applique un champ $\overrightarrow{E_a}$, des chargent induites apparaissent à la surface du conducteur.
- Il y a un champ induit dans le conducteur opposé au champ appliqué.
- Comme le conducteur est parfait, le champ induit vient annuler le champ.
- $\rho = 0$ en volume car les charges sont uniquement en surface.
- Le conducteur est alors une équipotentielle

2.2 Milieu diélectrique

Définition 2.1 : Milieu diélectrique

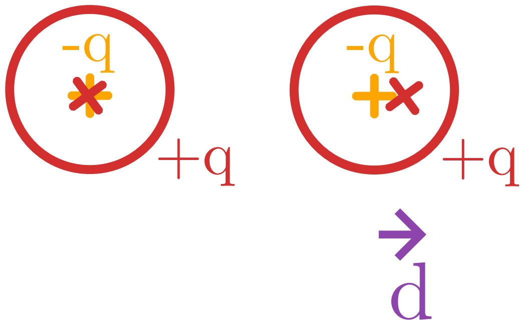
Il n'y a pas de charges libres de se mouvoir à l'échelle macroscopique du milieu. Toutes les charges sont liées à des atomes ou des molécules spécifiques

Rédigé par PAULHENRY SAUX
Université Paul Sabatier · L2 PS

2.2.1 Moments dipolaires induits et permanents

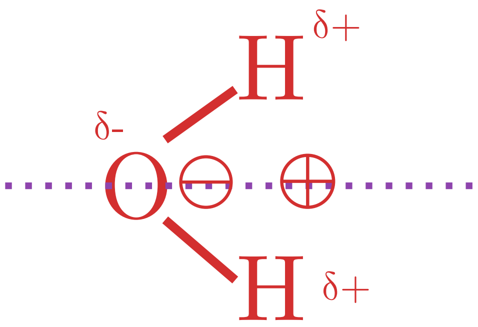
Atomes neutres

On suppose que le barycentre des charges + et - sont confondus. En appliquant un champ électrique, on observe un moment dipolaire induit : On sépare les barycentres. Il y a un barycentre $d \ll a_0$ et on obtient un dipôle physique quasi-ponctuel.



Moléculaire polaire

Il existe un moment dipolaire permanent si les barycentres ⊖ et ⊕ ne coincident pas.



Les barycentres ne sont pas confondus, il y a donc un moment permanent × .

× **Difficulté**
Il faut considérer l'électronégativité des atomes mais aussi la géométrie.

2.3 Polarisation

2.3.1 Vecteur polarisation volumique

Définition 3.1 : Vecteur polarisation volumique

$\delta \overrightarrow{p} = \overrightarrow{P} \delta v$

On associe à chaque éléments de volume δv un moment dipolaire électrique. $\overrightarrow{P}$ est alors le vecteur polarisation volumique i .

i Info
c'est une densité volumique de moment dipolaire électrique.

2.3.2 Charges de polarisations : interprétation

À retenir

Dans un milieu diélectrique la répartiton macroscopique des charges de polarisation se décompose en une densité volumique et une densité surfacique :

$$\rho_p(M) = -\operatorname{Div} \overrightarrow{P}(M)$$

et

$$\sigma_P(N) = \overrightarrow{P}(N) \cdot \overrightarrow{n_{ext}}$$

Dans un milieu diélectrique : polarisation $\Longleftrightarrow$ accumulation de charges.

variation dans le temps

On a

$$\overrightarrow{j_P} = \frac{\partial \overrightarrow{P}}{\partial t}$$

Théorème 3.1 : Équation locale de conservation des charges de polarisation

$\operatorname{Div} \overrightarrow{j_P} + \frac{\partial \rho_P}{\partial t} = 0$

Dimension de j

C'est des $A \cdot m^{-2}$ bien que cela soit une densité volumique. En effet, $I\mathrm{d}l = j_s \mathrm{d}S = j \mathrm{d}v$

2.4 Déplacement électrique

2.4.1 Eq de Maxwell dans un milieu diélectrique

On a toujours $\mathrm{Div}\,\overrightarrow{E} = \frac{\rho_{tot}}{\epsilon_0}$ mais avec $\overrightarrow{E} = \overrightarrow{E_{milieu}} + \overrightarrow{E_{appliqu}}$ et ρ_{tot} la densité volumique de chrages totales dans le milieu diélectrique : $\rho = \rho_P + \rho_{libres} + \rho_{autres}$ Les autres charges sont des ions insérés dans le milieu par exemple. i

i Info

En général, on contrôle les charges libres qui génèrent un champ appliqué générant une polarisation permettant de déterminer $\overrightarrow{D}$.

Définition 4.1 : Déplacement électrique

$\overrightarrow{D} = \epsilon_0 \overrightarrow{E} + \overrightarrow{P}$

Théorème 4.1 : Équation de Maxwell en milieu diélectrique

$\mathrm{Div}\,\overrightarrow{D} = \rho_{libres} + \rho_{autres}$

Théorème 4.2 : Théorème de Gauss pour $\overrightarrow{D}$

$$\iint_S \overrightarrow{D} \cdot \mathrm{d}\overrightarrow{S} = Q_{libres} + Q_{autres}$$

2.4.2 Relation de passage

On étudie l'interface entre le milieu 1 et le milieu 2 avec le vecteur $\overrightarrow{n_{1\to2}}$ orienté.

Théorème 4.3

- $\overrightarrow{n_{1\to2}} \wedge (\overrightarrow{E_2} - \overrightarrow{E_1}) = \overrightarrow{0}$
- $\overrightarrow{n_{1\to2}} \cdot (\overrightarrow{D_2} - \overrightarrow{D_1}) = \sigma_{libre}$

2.5 Milieux diélectriques linéaire, homogènes et isotropes

2.5.1 Susceptibilité électrique

Définition 5.1 : Milieu linéaire

$$\overrightarrow{P}(M) = \epsilon_0[\chi_e(M)]\overrightarrow{E}(M)$$

Définition 5.2 : Isotrope

Les propriétés ne dépendent pas de la direction considérée.

Définition 5.3 : Milieu homogène

Milieu dont les prorpiétés macroscopiques de dépendent pas de la position M

Théorème 5.1 : Relation locale entre Polarisation et chamo électrique total au point M

$\overrightarrow{P}(M) = \epsilon_0\chi_e\overrightarrow{E}$

- χ_e est sans dimension
- $\chi_e > 0$ dans l'ARQS
- Dans le vide, $\overrightarrow{P} = 0, \overrightarrow{D} = \epsilon_0\overrightarrow{E}$

2.5.2 Permitivité diélectrique

Théorème 5.2

$$\overrightarrow{D} = \epsilon_0\overrightarrow{E} + \overrightarrow{P} = \epsilon_0(1+\chi_e)\overrightarrow{E} = \epsilon_0\epsilon_r\overrightarrow{E} = \epsilon\overrightarrow{E}$$