

## 5. Électromagnétisme

### EM2 Electrostatique

Champ électrostatique	
Loi de Coulomb. Champ et potentiel électrostatiques créés par une charge ponctuelle. Principe de superposition.	Exprimer le champ électrostatique et le potentiel créés par une distribution discrète de charges. Citer quelques ordres de grandeur de champs électrostatiques.
Propriétés du champ électrostatique	
Symétries.	Exploiter les propriétés de symétrie des sources (translation, rotation, symétrie plane, conjugaison de charges) pour prévoir des propriétés du champ créé.
Circulation du champ électrostatique. Potentiel électrostatique. Équations locales.	Relier l'existence d'un potentiel électrostatique à la nullité du rotationnel du vecteur champ électrostatique. Justifier l'orthogonalité des lignes de champ avec les surfaces équipotentielles et leur orientation dans le sens des potentiels décroissants.
Théorème de Gauss et équation locale de Maxwell-Gauss.	Choisir une surface adaptée et utiliser le théorème de Gauss.

Lignes de champ électrostatique. Équipotentielles.	Justifier qu'une carte de lignes de champ puisse ou non être celle d'un champ électrostatique. Repérer, sur une carte de champ électrostatique, d'éventuelles sources du champ et leur signe. Associer l'évolution de la norme du champ électrostatique à l'évasement des tubes de champ loin des sources. Relier équipotentielles et lignes de champ électrostatique. Évaluer la norme du champ électrostatique à partir d'un réseau de lignes équipotentielles.
Exemple de champs électrostatiques	
Plan infini uniformément chargé en surface.	Établir l'expression du champ créé par un plan infini uniformément chargé en surface.
Condensateur plan. Capacité. Densité volumique d'énergie électrostatique.	Établir l'expression du champ créé par un condensateur plan. Déterminer l'expression de la capacité d'un condensateur plan. Citer l'ordre de grandeur du champ disruptif dans l'air. Déterminer l'expression de la densité volumique d'énergie électrostatique dans le cas du condensateur plan à partir de celle de l'énergie du condensateur.
Énergie de constitution d'un noyau atomique modélisé par une boule uniformément chargée.	Exprimer l'énergie de constitution d'un noyau en construisant le noyau par adjonction progressive de charges apportées de l'infini.

Analogies avec le champ gravitationnel	
Analogies entre champ électrostatique et champ gravitationnel.	Utiliser les analogies entre les forces électrostatique et gravitationnelle pour déterminer l'expression de champs gravitationnels.

Loi de Coulomb :  $\vec{F}_{q_1 \rightarrow q_2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \vec{u}_{1 \rightarrow 2}$

Champ électrostatique créé par une charge ponctuelle  $q$  en  $O$  :

$$\vec{E}_q(P) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{OP}}{OP^3} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{r}}{r^3} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{u}$$

Pour une distribution  $\mathcal{D}$  de charges ponctuelles  $\{q_i; M_i\}$  :  $\vec{E}(P) = \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{M_i P}}{M_i P^3}$

Potentiel électrostatique par la charge ponctuelle  $q$  en  $O$  :  $V_q(P) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$

Pour une distribution  $\mathcal{D}$  de charges ponctuelles  $\{q_i; M_i\}$  :  $V_{\mathcal{D}}(P) = \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 M_i P}$

$\vec{E} = -\vec{\text{grad}}(V)$  en statique.

Définition des lignes de champ et des surfaces équipotentielles. Position relative, orientation des lignes de champ.

Équation de Maxwell-Gauss :  $\text{div}(\vec{E}) = \frac{\rho}{\epsilon_0}$

Principe de Curie. Invariances et plans de symétrie pour une distribution de charges. Conséquences sur le champ électrostatique.

**Théorème de Gauss : le flux sortant du champ électrostatique créé par une distribution de charges  $\mathcal{D}$ , à travers une surface fermée ( $\mathcal{S}$ ), est égal à la**

**charge de  $\mathcal{D}$  située à l'intérieur de ( $\mathcal{S}$ ) sur  $\epsilon_0$  :**

$$\Phi_{\mathcal{S}}(\vec{E}) = \oiint_{M \in \mathcal{S}} \vec{E}(M) \cdot \vec{dS}_M = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$$

Champ disruptif de l'air :  $E_{dis} \simeq 3,6 \cdot 10^6 \text{ V.m}^{-1}$ .

**EM2bis Le dipôle électrostatique**

Dipôle électrostatique. Moment dipolaire.	Citer les conditions de l'approximation dipolaire
Potentiel et champ créés par un dipôle.	Établir l'expression du potentiel électrostatique. Comparer la décroissance du champ et du potentiel avec la distance dans le cas d'une charge ponctuelle et dans le cas d'un dipôle. Tracer l'allure des lignes de champ électrostatique engendrées par un dipôle.
Actions subies par un dipôle placé dans un champ électrostatique d'origine extérieure : résultante et moment.	Utiliser les expressions fournies de la résultante et du moment des actions subies par un dipôle placé dans un champ électrostatique d'origine extérieure.
Interactions ion-molécule et molécule-molécule.	Expliquer qualitativement la solvation des ions dans un solvant polaire.
Dipôle induit. Polarizabilité.	Associer la polarizabilité et le volume de l'atome en ordre de grandeur.