5. Électromagnétisme

EM2 Électrostatique

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 : $\overrightarrow{F}_{1\to 2} = \dfrac{1}{4\pi\epsilon_0}\dfrac{q_1 q_2}{r_{12}^2}\overrightarrow{u}_{1\to 2}$

Champ et potentiel créés par une charge q placée en O :

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

$$V(P) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Champ et potentiel créés par une distribution de charges :

$$\overrightarrow{E}(P) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\iiint_{M\in\mathcal{V}} \rho(M)\frac{\overrightarrow{MP}}{MP^3}\mathrm{d}\tau_M$$

$$V(P) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\iiint_{M\in\mathcal{V}} \frac{\rho(M)}{MP}\mathrm{d}\tau_M$$

$\overrightarrow{E} = -\overrightarrow{\mathrm{grad}}\,(V)$ en statique.

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

Équation de Maxwell-Gauss : $\mathrm{div}\,(\overrightarrow{E}) = \dfrac{\rho}{\epsilon_0}$

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

Théorème de Gauss : **le flux du champ électrostatique créé par une distribution de charges $\mathcal{D}$, à travers une surface fermée $(\mathscr{S})$, est égal à la charge de $\mathcal{D}$ située à l'intérieur de $(\mathscr{S})$ sur ϵ_0 :**

$$\Phi = \oiint_{M\in\mathscr{S}} \overrightarrow{E}(M)\cdot\overrightarrow{dS_M} = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}.$$

Champ disruptif de l'air : $E_{dis} \simeq 3,6\cdot 10^6$ 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 solvatation des ions dans un solvant polaire.
Dipôle induit. Polarisabilité.	Associer la polarisabilité et le volume de l'atome en ordre de grandeur.

EM3 Magnétostatique

Champ magnétostatique	
Équations locales de la magnétostatique et formes intégrales : flux conservatif et théorème d'Ampère.	Choisir un contour fermé et une surface les orienter pour appliquer le théorème théorème d'Ampère.
Linéarité des équations.	Utiliser une méthode de superposition.
Propriétés de symétrie.	Exploiter les propriétés de symétrie des sources (rotation, symétrie plane) pour prévoir des propriétés du champ créé.
Propriétés topographiques.	Justifier qu'une carte de lignes de champ puisse ou non être celle d'un champ magnétostatique. Repérer, sur une carte de champ magnétostatique, d'éventuelles sources du champ et leur sens. Associer l'évolution de la norme d'un champ magnétique à l'évasement des tubes de champ.
Exemples de champs magnétostatiques	
Modèle du câble rectiligne infini.	Déterminer le champ créé par un câble rectiligne infini.
Solénoïde long sans effets de bords.	Établir et citer l'expression du champ à l'intérieur d'un solénoïde long, la nullité du champ extérieur étant admise.
Inductance propre. Densité volumique d'énergie magnétique.	Établir les expressions de l'inductance propre et de l'énergie d'une bobine modélisée par un solénoïde long. Associer l'énergie d'une bobine à une densité volumique d'énergie magnétique.