

PLAN DU COURS

I / Champ électrostatique créé par un ensemble de charges ponctuelles

1. Interaction entre deux charges ponctuelles – loi de Coulomb
2. Champ électrostatique \vec{E} créé par une charge ponctuelle
3. Champ électrostatique créé par plusieurs charges ponctuelles

II / Postulats de l'électrostatique

1. Équation de Maxwell-Faraday et circulation de \vec{E}
2. Équation de Maxwell-Gauss et théorème de Gauss

III / Symétries et topographie du champ \vec{E}

1. Invariances et symétries de la distribution de charges \Rightarrow invariances et symétries du champ \vec{E}
2. Topographie du champ \vec{E}

IV / Exemples de calculs de champs électrostatiques

1. Un modèle de condensateur plan
2. Un modèle de noyau atomique

V / Analogies avec le champ gravitationnel

VI / Dipôle électrostatique

1. Champ et potentiel créé par un dipôle
2. Actions subies par un dipôle dans un champ électrostatique extérieur
3. Dipôles induits

CAPACITÉS EXIGIBLES

1. Champ créé par une charge ponctuelle ; généralités ; postulats (forme locale et intégrale) :
 - (a) Exprimer le champ électrostatique et le potentiel créés par une distribution discrète de charges.
 - (b) Citer quelques ordres de grandeur de champs électrostatiques.
 - (c) Relier l'existence d'un potentiel électrostatique ($\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}}V$) à la nullité du rotationnel du vecteur champ électrostatique dans tout l'espace ($\overrightarrow{\text{rot}}\vec{E} = \vec{0}$).
 - (d) Justifier l'orthogonalité des lignes de champ avec les surfaces équipotentielles et leur orientation dans le sens des potentiels décroissants (ce qui découle de $\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}}V$).
 - (e) Choisir une surface adaptée et utiliser le théorème de Gauss.
2. Symétries :
 - (a) Exploiter les propriétés de symétrie des sources (translation, rotation, symétrie plane, conjugaison de charges) pour prévoir des propriétés du champ créé.
3. Topographie des champs ; analyse de cartes de champ :
 - (a) Justifier qu'une carte de lignes de champs puisse ou non être celle d'un champ électrostatique ; repérer d'éventuelles sources du champ et leur signe. Associer l'évolution de la norme de \vec{E} à l'évasement des tubes de champ loin des sources.
 - (b) Relier équipotentielles et lignes de champ électrostatique.
 - (c) Évaluer la norme du champ électrostatique à partir d'un réseau de lignes équipotentielles.

4. Modèle du condensateur plan :
 - (a) Établir l'expression du champ créé par un plan infini uniformément chargé.
 - (b) Établir l'expression du champ créé par un condensateur plan en négligeant les effets de bord.
 - (c) Déterminer la capacité du condensateur.
 - (d) Citer l'ordre de grandeur du champ disruptif dans l'air.
 - (e) 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.
5. Modèle de noyau atomique :
 - (a) Exprimer l'énergie de constitution du noyau en construisant le noyau par adjonction progressive de charges apportées de l'infini.
6. Analogies avec le champ gravitationnel :
 - (a) Utiliser les analogies entre les forces électrostatique et gravitationnelle pour déterminer l'expression de champs gravitationnels.
7. Dipôle électrostatique
 - (a) Citer les conditions de l'approximation dipolaire.
 - (b) Établir l'expression du potentiel V .
 - (c) 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.
 - (d) Tracer l'allure des lignes de champ.
 - (e) Utiliser les expressions fournies de l'énergie potentielle E_p , de la résultante \vec{F} et du moment \vec{M} .
 - (f) Prévoir qualitativement l'évolution d'un dipôle rigide dans un champ d'origine extérieure \vec{E} .
 - (g) Expliquer qualitativement la solvatation des ions dans un solvant polaire.
 - (h) Associer la polarisabilité et le volume de l'atome en ordre de grandeur.