

## 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) Citer l'ordre de grandeur du champ créé par le noyau sur l'électron dans un atome d'hydrogène.
  - (b) Associer la circulation de  $\vec{E}$  au travail de la force  $q\vec{E}$ .
  - (c) Utiliser le théorème de Stokes. Associer les propriétés locales  $\text{rot}\vec{E} = \vec{0}$  dans tout l'espace et  $\vec{E} = -\text{grad}V$ .
  - (d) Associer la relation  $\vec{E} = -\text{grad}V$  au fait que les lignes de champ sont orthogonales aux surfaces équipotentielles et orientées dans le sens des potentiels décroissants.
  - (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) Dédire les lignes équipotentielles d'une carte de champ électrostatique, et réciproquement.
  - (c) Évaluer le champ électrique 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) Associer l'énergie d'un condensateur apparue en électrocinétique à une densité volumique d'énergie.
5. Modèle de noyau atomique :
  - (a) Exprimer l'énergie de constitution du noyau à un préfacteur numérique près par analyse dimensionnelle.
  - (b) Obtenir le préfacteur numérique en construisant le noyau par adjonction progressive de charges apportées de l'infini.
  - (c) Relier les ordres de grandeur mis en jeu : rayons et énergies. Justifier la nécessité de l'interaction forte.
6. Analogies avec le champ gravitationnel :
  - (a) Mettre en évidence les analogies formelles entre les forces électrostatique et gravitationnelle pour en déduire l'analogie des propriétés des champs.
7. Dipôle électrostatique
  - (a) Décrire les conditions de l'approximation dipolaire.
  - (b) Établir l'expression du potentiel  $V$ .
  - (c) Comparer la décroissance avec la distance du champ et du potentiel 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 dans un champ d'origine extérieure  $\vec{E}$ .
  - (g) Expliquer qualitativement la solvatation des ions dans un solvant polaire. Expliquer qualitativement pourquoi l'énergie d'interaction entre deux molécules polaires n'est pas en  $1/r^3$ .
  - (h) Exprimer la polarisabilité d'un atome en utilisant le modèle de Thomson. Associer la polarisabilité et le volume de l'atome en ordre de grandeur.