

# Programme de colle MP semaine 5 :

## du 13/10 au 17/10 2025

### Cours 7 : Champ électromagnétique

Symétries et invariances des distributions : principe de Curie, direction et dépendance des champs.

Modélisation d'une distribution de charge électrique : du microscopique au macroscopique, distributions volumique, surfacique et linéique.

Modélisation d'une distribution de courant électrique : vecteur densité volumique de courant électrique, expression de la force volumique de Lorentz, force de Laplace.

### Cours 8 : Electrostatique

Champ électrostatique créé par des charges : loi de Coulomb, champ électrostatique créé par une charge ponctuelle, analogie avec le champ gravitationnel, principe de superposition, champ électrostatique créé par une distribution de charges, ligne de champ.

Potentiel électrostatique : circulation du champ électrostatique, potentiel et énergie potentielle.

Théorème de Gauss : flux du champ électrostatique, théorème de Gauss, exemples du plan infini, du cylindre infini et de la sphère uniformément chargés, analogie avec la gravitation.

Modèle du condensateur : champ inter-armature, capacité, énergie.

### Cours 9 : Magnétostatique

Propriétés du champ magnétique: flux conservatif, théorème d'Ampère.

Exemples du fil rectiligne infini, du fil cylindrique, du solénoïde infini.

Lecture de cartes de champ.

### Cours 10 : Dipôles

Dipôles électrostatiques : définition, champ et potentiel électrostatique d'un doublet, approximation dipolaire ; action d'un champ extérieur sur un dipôle : résultante des forces dans un champ uniforme ou non, moment des forces dans un champ uniforme, énergie potentielle dans un champ uniforme.

Dipôles magnétiques : moment magnétique ; champs créé à grande distance ; exemples de dipôles magnétiques ; action d'un champ extérieur sur un dipôle : résultante des forces de Laplace dans un champ uniforme ou non, moment des forces de Laplace dans un champ uniforme, énergie potentielle dans un champ uniforme.

### Questions de cours :

1. Énoncer et démontrer la relation entre la densité volumique de courant, la vitesse des électrons et leur densité particulaire.
2. Trouver le champ électrique créé en tout point de l'espace par un plan infini uniformément chargé en surface.
3. Trouver le champ électrique créé en tout point de l'espace par une boule de rayon  $R$  uniformément chargée en volume.
4. Trouver le champ électrique créé en tout point de l'espace par un cylindre infini uniformément chargé en volume.
5. À partir de l'expression du champ électrique créé en par un plan infini uniformément chargé en surface, trouver le champ électrique créé tout point de l'espace par un condensateur dont les armatures sont espacées de  $e$ . Démontrer la formule de la capacité d'un condensateur, ainsi que de l'énergie stockée par un condensateur.
6. Calculer le champ magnétique créé par un fil infini parcouru par un courant  $I$ .
7. Calculer le champ magnétique créé par un cylindre infini parcouru par un courant  $I$  avec une densité volumique de courant  $j$  uniforme dans la section du fil.
8. Calculer le champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde infini possédant  $n$  spires par unité de longueur. On supposera que le champ est nul à l'extérieur du solénoïde.
9. Démontrer la formule du potentiel créé par un dipôle électrostatique à grande distance.

**Programme prévisionnel de la semaine suivante :**  
Equations de Maxwell

**Eléments du programme en rapport avec la colle :**

<b>4.1. Électrostatique</b>	
Loi de Coulomb. Champ électrostatique. Champ électrostatique créé par un ensemble de charges ponctuelles. Principe de superposition.	Exprimer le champ électrostatique créé par une distribution discrète de charges. Citer quelques ordres de grandeur de valeurs de champs électrostatiques.
Distributions continues de charges : volumique, surfacique, linéique.	Choisir un type de distribution continue adaptée à la situation modélisée. Relier les densités de charges de deux types de distributions modélisant une même situation. Déterminer la charge totale d'une distribution continue dans des situations simples.
Symétries et invariances du champ électrostatique.	Identifier les plans de symétrie et d'antisymétrie d'une distribution de charges. Identifier les invariances d'une distribution de charges. Exploiter les symétries et les invariances d'une distribution de charges pour caractériser le champ électrostatique créé.

<p>Circulation du champ électrostatique.  Potentiel électrostatique.  Opérateur gradient.</p>	<p>Relier le champ électrostatique au potentiel.  Exprimer le potentiel créé par une distribution discrète de charges.  Citer l'expression de l'opérateur gradient en coordonnées cartésiennes.  Déterminer un champ électrostatique à partir du potentiel, l'expression de l'opérateur gradient étant fournie dans le cas des coordonnées sphériques et cylindriques.  Déterminer une différence de potentiel par circulation du champ électrostatique dans des cas simples.</p>
<p>Flux du champ électrostatique. Théorème de Gauss.</p>	<p>Identifier les situations pour lesquelles le champ électrostatique peut être calculé à l'aide du théorème de Gauss.</p>
<p>Systèmes modélisés par une sphère, un cylindre infini ou un plan infini.</p>	<p>Établir les expressions des champs électrostatiques créés en tout point de l'espace par une sphère uniformément chargée en volume, par un cylindre infini uniformément chargé en volume et par un plan infini uniformément chargé en surface.  Établir et énoncer qu'à l'extérieur d'une distribution à symétrie sphérique, le champ électrostatique créé est le même que celui d'une charge ponctuelle concentrant la charge totale et placée au centre de la distribution.  Utiliser le théorème de Gauss pour déterminer le champ électrostatique créé par une distribution présentant un haut degré de symétrie.</p>
<p>Étude du condensateur plan modélisé comme la superposition de deux distributions surfaciques, de charges opposées.</p>	<p>Établir et citer l'expression de la capacité d'un condensateur plan dans le vide.</p>
<p>Lignes de champ, tubes de champ, surfaces équipotentielles.</p>	<p>Orienter les lignes de champ électrostatique créées par une distribution de charges.  Représenter les surfaces équipotentielles connaissant les lignes de champ et inversement.  Associer les variations de l'intensité du champ électrostatique à la position relative des lignes de champ.  Vérifier qu'une carte de lignes de champ est compatible avec les symétries et les invariances d'une distribution.</p> <p><u>Capacité numérique</u> : à l'aide d'un langage de programmation, tracer quelques lignes de champ pour une distribution donnée.</p>
<p>Énergie potentielle électrostatique d'une charge placée dans un champ électrostatique extérieur.</p>	<p>Établir et exploiter l'expression de l'énergie potentielle d'une charge ponctuelle placée dans un champ électrostatique extérieur.</p>

Notion de dipôle électrostatique, moment dipolaire.	Exprimer le moment dipolaire d'un doublet de charges. Évaluer des ordres de grandeur dans le domaine microscopique.
Champ et potentiel créés par un dipôle électrostatique.	Expliciter l'approximation dipolaire. Représenter l'allure des lignes de champ et des surfaces équipotentiels d'un dipôle électrostatique. Établir et exploiter les expressions du champ et du potentiel créés par un doublet de charges dans l'approximation dipolaire.
Dipôle électrostatique placé dans un champ électrostatique extérieur : actions subies et énergie potentielle d'interaction.	Expliquer qualitativement le comportement d'un dipôle placé dans un champ électrostatique extérieur. Établir et exploiter les expressions des actions mécaniques subies par un doublet de charges dans un champ électrostatique extérieur uniforme. Exploiter l'expression fournie de la force subie par un dipôle placé dans un champ électrostatique extérieur non uniforme. Citer et exploiter l'expression de l'énergie potentielle d'interaction.
Analogies avec la gravitation.	Utiliser le théorème de Gauss de la gravitation.

#### 4.2. Magnétostatique

Vecteur densité de courant volumique. Intensité du courant. Distributions de courant volumique et linéique.	Relier l'intensité du courant et le flux du vecteur densité de courant volumique.
Symétries et invariances des distributions de courant.	Exploiter les propriétés de symétrie et d'invariance des sources pour prévoir des propriétés du champ créé.

<p>Propriétés de flux et de circulation. Théorème d'Ampère.</p>	<p>Identifier les situations pour lesquelles le champ magnétostatique peut être calculé à l'aide du théorème d'Ampère.          Choisir un contour, une surface et les orienter pour appliquer le théorème d'Ampère en vue de déterminer l'expression d'un champ magnétique.          Utiliser une méthode de superposition.          Citer quelques ordres de grandeur de valeurs de champs magnétostatiques.</p>
<p>Modèles du fil rectiligne infini de section non nulle et du solénoïde infini.</p>	<p>Établir les expressions des champs magnétostatiques créés en tout point de l'espace par un fil rectiligne infini de section non nulle, parcouru par des courants uniformément répartis en volume, par un solénoïde infini en admettant que le champ est nul à l'extérieur.</p>
<p>Lignes de champ, tubes de champ.</p>	<p>Orienter les lignes de champ magnétostatique créées par une distribution de courants.          Associer les variations de l'intensité du champ magnétostatique à la position relative des lignes de champ.          Vérifier qu'une carte de lignes de champ est compatible avec les symétries et les invariances d'une distribution</p>
<p>Notion de dipôle magnétique. Moment magnétique.</p>	<p>Exprimer le moment magnétique d'une boucle de courant plane.          Évaluer des ordres de grandeur dans les domaines macroscopique et microscopique.</p>
<p>Champ créé par un dipôle magnétique.</p>	<p>Expliciter l'approximation dipolaire.          Représenter l'allure des lignes de champ d'un dipôle magnétique.          Exploiter l'expression fournie du champ créé par un dipôle magnétique.</p>
<p>Dipôle magnétique placé dans un champ magnétostatique extérieur : actions subies et énergie potentielle d'interaction.</p>	<p>Expliquer qualitativement le comportement d'un dipôle passif placé dans un champ magnétostatique extérieur.          Exploiter les expressions fournies des actions mécaniques subies par un dipôle magnétique dans un champ magnétostatique extérieur uniforme.          Exploiter l'expression fournie de la force subie par un dipôle magnétique dans un champ magnétostatique extérieur non uniforme.          Citer et exploiter l'expression de l'énergie potentielle d'interaction.</p>