

Programme de colle
TSI2
Semaine 18
Du 9 au 13 février 2026

Listes des questions de cours :

1. Fournir la formule du champ électrostatique créé par une charge ponctuelle
2. Citer le principe de Curie et les propriétés des invariances et symétries pour le champ électrique et magnétique
3. Fournir une liste de propriétés essentielles des lignes de champ électrostatique et magnétostatique
4. Enoncé le théorème de Gauss et l'appliquer pour la boule, le plan ou le cylindre infini
5. Redémontrer par superposition l'expression du champ dans un condensateur plan
6. Citer le principe de Curie et les propriétés des invariances et symétries pour le champ magnétique
7. Fournir une liste de propriétés essentielles des lignes de champ magnétostatique
8. Enoncé le théorème d'Ampère et l'appliquer pour le fil, le cylindre et le solénoïde infini
9. Donner les équations de Maxwell dans un milieu et dans le vide
10. Démontrer l'équation de conservation de la charge en 1D
11. Démontrer le théorème de Gauss et le théorème d'Ampère à partir des équations de Maxwell

Electrostatique

- I. Champ électrostatique
- A. Champ créé par une charge ponctuelle
- B. Champ créé par une distribution continue de charges
- C. Symétries et invariances du champ électrostatique
- II. Potentiel électrostatique
- A. Définition
- B. Circulation du champ électrostatique
- C. Lignes de champ, tubes de champ et surfaces équipotentielles
- D. Énergie potentielle électrostatique d’une charge
- III. Théorème de Gauss
- A. Flux du champ électrique
- B. Énoncé du théorème de Gauss
- C. Application au champ créé par une boule uniformément chargée
- D. Application au champ créé par un cylindre infini
- E. Application au champ créé par un plan infini
- IV. Condensateur plan
- A. Modélisation du condensateur plan infini
- B. Expression du champ électrostatique
- C. Capacité

Programme officiel

| | |
|---|---|
| Flux du champ électrostatique. Théorème de Gauss. | Utiliser le théorème de Gauss pour déterminer le champ électrostatique créé par une distribution présentant un haut degré de symétrie. |
| Systèmes modélisés par une sphère, un cylindre infini et un plan infini. | 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 exploiter le fait 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. |
| Condensateur plan modélisé par la superposition de deux distributions surfaciques infinies de charges opposées. | Établir l'expression de la capacité d'un condensateur plan dans le vide en négligeant les effets de bords. |
| Lignes de champ, tubes de champ, surfaces équipotentielles. | Orienter les lignes de champ électrostatique créées par une distribution de charges. Représenter les surfaces équipotentielles connaissant les lignes de champ et inversement. Associer, en dehors des sources, 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. <u>Capacité numérique</u> : à l'aide d'un langage de programmation, tracer quelques lignes de champ et lignes équipotentielles pour une distribution donnée. |
| | Justifier qualitativement le choix d'une modélisation d'une distribution de charges par une distribution infinie. Évaluer la charge totale d'une distribution continue dans des situations à géométrie simple. |
| 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. |
| Circulation du champ électrostatique. Potentiel électrostatique. Gradient. | Relier le champ électrostatique au potentiel. Exprimer le potentiel créé par une charge ponctuelle. Calculer un champ électrostatique à partir du potentiel, l'expression de l'opérateur gradient étant fournie dans le cas des coordonnées sphériques et cylindriques. Exprimer une différence de potentiel comme une circulation du champ électrostatique. |

| Notions et contenus | Capacités exigibles |
|---|---|
| 4.1. Électrostatique. | |
| Loi de Coulomb. Champ électrostatique. | Exprimer le champ électrostatique créé par une charge ponctuelle. |
| Distributions continues de charges volumique, surfacique, linéique. Principe de superposition. | Décomposer une distribution en des distributions plus simples dans le but de calculer un champ électrostatique par superposition. Choisir un type de distribution continue adaptée à la situation modélisée. |
| Énergie potentielle électrostatique d'une charge ponctuelle placée dans un champ électrostatique extérieur. | Établir et exploiter l'expression de l'énergie potentielle d'une charge ponctuelle placée dans un champ électrostatique extérieur. |

Magnétostatique

- I. Courant et champ magnétostatique
 - A. Distributions de courants
 - B. Symétries et invariances du champ magnétostatique
- II. Conservation du flux
 - A. Ligne de champ, tube de champ
 - B. Propriétés du flux
- III. Théorème d'Ampère
 - A. Énoncé du théorème
 - B. Application au champ créé par un fil rectiligne infini
 - C. Application au champ créé par un conducteur cylindrique infini
 - D. Application au champ créé par un solénoïde infini

Programme officiel

| Notions et contenus | Capacités exigibles |
|--|--|
| 4.2. Magnétostatique. | |
| Vecteur densité de courant volumique. Intensité du courant. Distributions de courant électrique volumique et linéique. | Relier l'intensité du courant et le flux du vecteur densité de courant volumique. Justifier la modélisation d'une distribution de courant par une distribution filiforme. |
| Symétries et invariances des distributions de courant. | Identifier les plans de symétrie et d'antisymétrie d'une distribution de courants. Identifier les invariances d'une distribution de courants. Exploiter les symétries et les invariances d'une distribution de courants pour prévoir des propriétés du champ magnétostatique créé. |
| Propriétés de flux et de circulation. Théorème d'Ampère. | Identifier les situations pour lesquelles le champ magnétostatique peut être calculé simplement 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 magnétostatique créé par une distribution présentant un haut degré de symétrie. |
| Modèles du fil rectiligne infini de section non nulle et du solénoïde infini. | Justifier le choix d'une modélisation d'une distribution de courants par une distribution infinie. 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. |
| Lignes de champ, tubes de champ. | Orienter les lignes de champ magnétostatique créées par une distribution de courants. Associer les variations de l'intensité du champ magnétostatique à l'évolution de 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. |

Les équations de Maxwell

- I. Formulation de l'électromagnétisme
 - A. Lois locales et lois intégrales
 - B. Rappels d'analyse vectorielle
- II. Équation locale de conservation de la charge
 - A. Cas unidimensionnel
 - B. Généralisation à 3D
- III. Équations de Maxwell
 - A. Équation de Maxwell-Gauss
 - B. Équation de Maxwell-Faraday
 - C. Équation de Maxwell-Thomson
 - D. Équation de Maxwell-Ampère
 - E. Bilan
 - F. Retour sur l'équation de conservation de la charge
 - G. Equation de propagation des champs E et B dans le vide

Programme officiel

| Notions et contenus | Capacités exigibles |
|---|--|
| 4.3. Équations de Maxwell. | |
| Principe de la conservation de la charge : formulation locale. | Établir l'équation locale de la conservation de la charge dans le cas à une dimension cartésienne. |
| Équations de Maxwell : formulations locale et intégrale. | Citer, utiliser et interpréter les équations de Maxwell sous forme intégrale. Relier qualitativement le couplage spatiotemporel entre champ électrique et champ magnétique au phénomène de propagation. |
| Équations de propagation des champs dans une région vide de charges et de courants. | Établir les équations de propagation à partir des équations de Maxwell. |
| Cas des champs statiques : équations locales. | Établir les lois locales des champs statiques à partir des équations de Maxwell. |