

Électromagnétisme

Chapitres au programme (cours & exercices)

- Fondements de l'électromagnétisme : équations de Maxwell
- Électrostatique : lois générales & applications
- Magnétostatique : lois générales & applications
(le dipôle magnétostatique ne figure pas au programme de cette semaine)
- *Révisions : Induction électromagnétique de Neumann (circuit fixe dans un champ magnétique dépendant du temps)*

Valeurs numériques & Ordres de grandeur utiles

À connaître par cœur : en plus de tous les ordres de grandeur des semaines 1 à 15

- Champ magnétique terrestre à la surface de la Terre $B \sim 50 \mu\text{T}$
- Champ magnétique créé par un aimant (au voisinage de l'aimant $B \sim 0,1$ à 1 T ;
par un électroaimant $B \sim 10 \text{ T}$)
- Inductance propre des bobines utilisées en TP $L \sim \text{qqes mH}$

À savoir estimer rapidement : capacité d'un condensateur plan, énergie électrostatique emmagasinée dans un condensateur, champ et potentiel électrostatiques produits par une charge ponctuelle, champ magnétique produit par un fil ou par une bobine assimilée à un solénoïde infini, ...

Détails sur le contenu des chapitres

Fondements de l'électromagnétisme – Équations de Maxwell

1. Postulats de l'électromagnétisme	
Force de Lorentz. Équations locales de Maxwell. Formes intégrales.	Utiliser les équations de Maxwell sous forme locale ou intégrale. Relier l'équation de Maxwell-Faraday et la loi de Faraday. Établir l'équation locale de la conservation de la charge à partir des équations de Maxwell. Utiliser une méthode de superposition.
2. Aspects énergétiques	
Vecteur de Poynting. Densité volumique d'énergie électromagnétique. Équation locale de Poynting.	Utiliser les grandeurs énergétiques pour conduire des bilans d'énergie électromagnétique. Associer le vecteur de Poynting et l'intensité lumineuse utilisée dans le domaine de l'optique.

Électrostatique : Lois générales & applications

1. 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. Circulation du champ électrostatique. Potentiel électrostatique. Équations locales.	Exploiter les propriétés de symétrie des sources (translation, rotation, symétrie plane, conjugaison de charges) pour prévoir des propriétés du champ créé. 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. Équipotentiels.	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. Évaluer la norme du champ électrostatique à partir d'un réseau de lignes équipotentiels.
2. Exemples 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.
3. 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.

Magnétostatique : Lois générales & applications

1. Champ magnétostatique	
Équations locales de la magnétostatique et formes intégrales : flux conservatif et théorème d'Ampère.	Choisir un contour fermé et une surface et les orienter pour appliquer le théorème d'Ampère.

Linéarité des équations Propriétés de symétrie. Propriétés topographiques.	Utiliser une méthode de superposition. Exploiter les propriétés de symétrie des sources (translation, rotation, symétrie plane) pour prévoir des propriétés du champ créé. Justifier qu'une carte de lignes de champs 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.
2. Exemples de champs magnétostatiques	
Modèle du câble rectiligne infini.	Déterminer le champ créé par un câble rectiligne infini.
Solénoïde long sans effet 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.