

1 Électromagnétisme.

1.1 Électrostatique – Gravitation : lois générales.

Pour tout ce qui suit, l'analogie gravitationnelle a été vue à chaque fois que c'est pertinent et est au programme de cette semaine : les interrogations/exercices peuvent porter aussi bien sur l'électrostatique que sur la gravitation.

- Loi de Coulomb.
- Champ et potentiel électrostatiques créés par une charge ponctuelle. Relation $\vec{E} = -\text{grad}V$.
- Principe de superposition.
- Ordre de grandeur du champ créé par le noyau sur l'électron d'un atome d'hydrogène, du champ disruptif de l'air.
- Lignes de champ ; surfaces équipotentielles (perpendiculaires en tout point).
- Équation locale $\text{rot}\vec{E} = \vec{0}$.
- Circulation conservative du champ électrique. Énergie potentielle d'une charge q dans un champ \vec{E} .
- Densité volumique de charges (expression en fonction des densités particulières).
- Théorème de Gauss.
- Équation locale de Maxwell–Gauss.
- Propriétés topographiques du champ électrostatique.
- Propriétés de symétrie (translation, rotation, symétrie plane ; conjugaison de charge).
- Plan infini uniformément chargé en surface : champ créé. Application au condensateur plan ; capacité ; densité volumique d'énergie électrostatique.
- Boule uniformément chargée en volume : champ et potentiels créés. Le champ à l'extérieur est le même que si toute la charge était concentrée au centre de la boule. Application au noyau atomique vu comme une telle boule : énergie de constitution (à un préfacteur numérique près par analyse dimensionnelle, puis avec le préfacteur numérique en construisant le noyau par adjonction progressive de charges apportées de l'infini. Ordres de grandeur. Signe de cette énergie de constitution : nécessité de l'interaction forte.

1.2 Le dipôle électrostatique.

- Définition (comme ensemble de deux charges opposées). Approximation dipolaire. Moment dipolaire.
- Champ et potentiel créés. Allure des lignes de champ.
- Définition plus générale (comme ensemble de charges globalement neutre, vu "de loin", avec les barycentres des charges négatives et positives qui ne coïncident pas. Moment dipolaire.
- Actions mécaniques subies par un dipôle électrostatique dans un champ \vec{E} d'origine extérieure (uniforme, ou non uniforme) (les expressions de la résultante et du moment résultant doivent être fournies).
- Énergie potentielle d'un dipôle électrostatique *rigide* dans un champ électrostatique d'origine extérieure (l'expression doit être fournie).
- Évolution qualitative d'un dipôle dans un champ \vec{E} d'origine extérieure.
- Dipôle induit. Polarisabilité. Ordre de grandeur. Polarisabilité de l'atome H dans le modèle de Thomson.
- Approche descriptive des interactions ion–molécule polaire : solvatation des ions dans un solvant polaire.
- Approche descriptive des interactions de Van der Waals entre molécules (interactions de Keesom, Debye, London) (Pour les interactions de Keesom, explication qualitative du fait que l'énergie d'interaction entre deux molécules polaires n'est pas en $\frac{1}{r^3}$).

1.3 Courants électriques. Conducteurs ohmiques.

- Densité volumique de courant : définition, lien avec l'intensité.
- Expression de \vec{j} en fonction de la vitesse moyenne des porteurs de charge, de leur charge et de leur densité volumique.
- Propriétés de \vec{j} : dépend du référentiel, sauf dans le cas d'un milieu neutre (admis à ce stade).
- Aspect volumique des forces de Lorentz : résultante volumique, puissance volumique.
- Conservation de la charge : équation locale (établie dans le cas 1D, admise dans le cas 3D).
- \vec{j} est à flux conservatif en régime stationnaire. Lien avec la loi des nœuds.
- Conducteurs ohmiques : loi d'Ohm locale, conductivité. Ordres de grandeur de conductivités.

- Modèle de Drude. Temps de relaxation τ ; ordres de grandeur. Conditions de validité de $\vec{j} = \gamma \vec{E}$ (référentiel du métal, galiléen, à des fréquences pas trop élevées).
- Ordre de grandeur de la vitesse moyenne des électrons. Comparaison avec leur vitesse quadratique moyenne. Interprétation.
- Résistance d'une portion de fil conducteur.
- Effet Hall. Description. Champ de Hall. Applications. Lien avec la force de Laplace.
- Effet Joule. Puissance volumique dissipée par effet Joule.

1.4 Magnétostatique.

- Équations locales de la magnétostatique : $\operatorname{div} \vec{B} = 0$, $\operatorname{rot} \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$ (admises).
- Les formes intégrales correspondantes : flux conservatif et théorème d'Ampère.
- Principe de superposition.
- Propriétés topographiques du champ \vec{B} .
- Invariances et symétries. \vec{B} est un pseudo-vecteur (vecteur axial).
- Exemples de calculs de champs magnétostatiques : câble rectiligne infini (et limite du fil rectiligne infini), solénoïde long (sans effets de bord) (nullité du champ extérieur admise).

2 Conversion analogique–numérique.

- Numérisation d'un signal : nombre de bits sur lequel se fait la conversion.
- Échantillonnage ; condition de Nyquist–Shannon.
- Repliement de spectre.

3 Rappels et compléments mathématiques.

- Tracé de l'allure de fonctions qui sont la somme ou le produit de deux fonctions aux rythmes de variation très différents.

4 Révisions de première année.

Ce qui suit n'est que le résumé très succinct du programme de PCSI ; pour plus de précisions se reporter à ce programme.

- Tout le bloc "Champ magnétique" (sources de \vec{B} , cartes de \vec{B} , moment magnétique).
- Tout le bloc "Actions d'un champ magnétique" (forces de Laplace, action d'un \vec{B} extérieur sur un aimant, effet moteur d'un champ magnétique tournant).