

MP\* **Semaine 6 : 4 au 8 novembre 2024.**

Cette semaine, dans la mesure du possible, je souhaiterais que chaque élève commence sa colle par un petit exercice de révision de sup de mécanique (du point, du solide, force centrale, mouvement dans un champ électrostatique ou magnétostatique) ou de chimie des solutions (réactions acido-basiques et de précipitation seulement, l'oxydoréduction sera revue à Noël), avant d'être interrogé sur la magnétostatique qui constitue le cœur du programme de colle.

*Exercices*

**ELECTROSTATIQUE :**

**Dipôle électrostatique.**

- Définition d'un dipôle et d'une distribution dipolaire. Moment dipolaire associé ; ordre de grandeur à l'échelle microscopique.
- Expressions du potentiel et du champ créés par un dipôle. Comparaison au cas d'une charge unique. Allure des lignes de champ et des surfaces équipotentielles associées.
- Actions subies par un dipôle dans un champ extérieur uniforme :
  - Explication qualitative des effets d'orientation observés et de l'absence de déplacement.
  - Etude quantitative des effets d'orientation via l'expression du moment résultant des actions  $\vec{p} \wedge \vec{E}$  ou via l'énergie potentielle d'interaction  $-\vec{p} \cdot \vec{E}$  vue comme une fonction de l'angle que fait le dipôle avec le champ extérieur.
- Actions subies par un dipôle dans un champ extérieur non uniforme :
  - Explication qualitative des effets d'orientation et de déplacement observés.
  - Etude quantitative des effets d'orientation via l'expression du moment résultant des actions  $\vec{p} \wedge \vec{E}(G)$ , où  $G$  est le barycentre du dipôle, ou

via l'énergie potentielle d'interaction  $-\vec{p} \cdot \vec{E}(G)$  vue comme une fonction de l'angle que fait le dipôle avec le champ extérieur.

- Etude quantitative du déplacement d'un dipôle permanent à partir de l'énergie potentielle  $-\vec{p} \cdot \vec{E}(G)$  vue comme une fonction de la position de  $G$ , ou via la formule générale  $\vec{F} = (\vec{p} \cdot \text{grad}) \vec{E}$  qui devra alors être fournie.
- Applications : interaction d'un ion et d'un dipôle et interaction entre deux dipôles permanents.

*N.B. : Toutes les formules sont exigibles sauf  $\vec{F} = (\vec{p} \cdot \text{grad}) \vec{E}$ .*

**MAGNETOSTATIQUE :**

**Etude approfondie du champ magnétostatique créé par des courants.**

- Description des sources du champ à l'échelle macroscopique : vecteur densité volumique de courant  $\vec{j}$  ; expression  $\vec{j}$  dans le cas d'un ou plusieurs types de porteurs de charge mobiles ; expression du courant comme le flux de  $\vec{j}$ .
- Propriétés du champ magnétostatique vis à vis des symétries et invariances de la distribution des courants ; comparaison avec le champ électrostatique ; notions de vrai vecteur et de pseudo vecteur.
- Flux conservatif de  $\vec{B}$  et de  $\vec{j}$ .
- Circulation de  $\vec{B}$  et théorème d'Ampère. Conséquences (on fait en particulier le lien avec les propriétés mentionnées dans l'approche empirique du champ  $\vec{B}$ ).
- Calcul du champ créé par une distribution à haute symétrie, à l'aide du théorème d'Ampère.

*Cours ou exercices d'application directe*

**FORMULATION LOCALE DE L'ELECTROMAGNETISME EN REGIME STATIQUE :**

**Opérateurs différentiels linéaires et équations locales :**

- Formulation locale des propriétés du flux d'un champ de vecteurs : opérateur divergence et théorème d'Ostrogradski.

Obtention des équations de Maxwell-Thomson et Maxwell-Gauss.

- Bilan de charge ; équation intégrale et équation locale de conservation de la charge ; cas particulier de la statique.  
**L'équation de conservation de la charge a été établi en régime variable ; c'est le seul moment du cours où on se place en régime variable.**
- Formulation locale des propriétés de la circulation d'un champ de vecteurs : opérateur rotationnel et théorème de Stokes.

Obtention des équations de Maxwell-Faraday et Maxwell-Ampère de l'électrostatique et de la magnétostatique.

- *Compositions nulles d'opérateurs du 1<sup>er</sup> ordre.*
- *Opérateur laplacien : définition intrinsèque et expression en coordonnées cartésiennes.*

*Obtention de l'équation de Poisson de l'électrostatique.*

- Opérateur laplacien vectoriel ; définition intrinsèque et expression en coordonnées cartésiennes.
- Opérateur symbolique nabla.
- Exemples d'utilisation des équations locales :
  - Obtention du champ électrostatique, du potentiel électrostatique ou du champ magnétostatique, par intégration à partir d'une équation locale et de conditions aux limites.
  - Résolution du « problème inverse » (obtention de la densité de charge ou de courant à partir du champ si celui-ci est donné).

***Doivent être parfaitement connues :***

- Les définitions intrinsèques de tous les opérateurs, ainsi que leurs expressions en coordonnées cartésiennes.
- La méthode permettant de formuler une loi intégrale de façon locale à l'aide de ces opérateurs.
- Les équations de Maxwell de l'électrostatique et de la magnétostatique, l'équation de Poisson de l'électrostatique ainsi que l'équation locale de conservation de la charge.

**Remarque :** Les deux points en italique dans la liste (composition et laplacien) ont été à travailler sur « poly » pendant les vacances.

## PROGRAMME POUR MME GANIVET (UNIQUEMENT)

**Révision du programme de chimie de MPSI :**

- **Cinétique chimique.**
- **Réactions acido-basiques**
- **Réactions de précipitation**