

MP* Semaine 11 : 8 au 13 décembre 2025.

Cette semaine (et la suivante) j'aimerais que la colle de physique commence par un exercice d'induction court (voire pas trop long) puis que le reste de la colle soit consacré aux équations de Maxwell

Exercices

INDUCTION MAGNETIQUE – REVISIONS DE MPSI.

Induction au sein d'un circuit fixe dans un champ variable.

- Description du phénomène. Notion de circuit électrique équivalent et calcul par la loi de Faraday de la \mathcal{f}_{em} induite au sein d'un circuit fermé. Loi de modération de Lenz.
- Auto-induction au sein d'un circuit filiforme fixe.
 - Principe de l'auto-induction et définition de l'inductance propre d'un circuit ; calcul dans le cas d'un solénoïde long.
 - Equation électrique du circuit ; effets de l'auto-induction.
 - Aspects énergétiques ; énergie stockée par un circuit.
- Induction dans un ensemble de 2 circuits filiformes fixes couplés.
 - Principe du couplage et définition de l'inductance mutuelle. Exemple du calcul de la mutuelle entre deux solénoïdes long coaxiaux.
 - Equations électriques couplées régissant le système.
Attention : l'énergie magnétique stockée au sein d'un système de 2 circuits couplés n'est plus au programme.

Induction au sein d'un circuit mobile dans un champ stationnaire.

- Mise en équation et étude de l'induction au sein d'un circuit mobile dans un champ stationnaire ; couplage électromécanique.
 - Méthode de mise en équation ; équations électromécaniques couplées.
 - Exemple de référence pour les circuits en translation : rail de Laplace plongé dans un champ uniforme, avec ou sans générateur.
 - Exemple de référence pour les circuits en rotation : spire lancée en rotation dans un champ uniforme.
- Aspects énergétiques de l'induction au sein d'un circuit mobile dans un champ stationnaire ; conversion de puissance électromécanique :

- Bilan d'énergie électrique du circuit : caractère générateur ou récepteur de la \mathcal{f}_{em} induite. Bilan d'énergie mécanique du circuit : caractère moteur ou résistant des actions de Laplace.

Propriété fondamentale : « Puissance des forces de Laplace + puissance fournie par les \mathcal{f}_{em} d'induction = 0 » ; lorsque le champ magnétique est stationnaire, on observe une conversion de puissance électromécanique parfaite.

Questions de cours et exercices

Equations de Maxwell :

- Equations de Maxwell :
- Formulation intégrale des équations de Maxwell.
- Relations de passage des champs à travers une surface lors d'une modélisation surfacique des charges et des courants.
- Notion d'équations constitutives d'un milieu ; étude détaillée des métaux ohmiques :
 - Vecteur densité de courant : loi d'Ohm locale ; domaine fréquentiel de validité.
NB : La justification de la loi d'Ohm locale par le modèle de Drude a été traitée en exercice, mais n'est pas au programme.
 - Densité de charge : relaxation « quasi instantanée » dans le domaine ohmique.
 - Comparaison des courants de conduction et de déplacement.
 - Passage de la loi d'Ohm locale à la loi d'Ohm intégrale en géométrie plane et en régime permanent. Expression $R = l/\gamma S$.

Résolution des équations ; aperçu des différents régimes :

- Cas particulier du régime stationnaire : tout a déjà été abordé dans les cours précédents. On insiste sur les points suivants :
 - Découplage des champs : équations relatives à $\{\rho; \vec{E}; V\}$ et à $\{\vec{j}; \vec{B}\}$
 - Propriétés basiques des conducteurs à l'équilibre électrostatique :
 - A l'intérieur des conducteurs : champ nul, potentiel constant, densité volumique de charge nulle, répartition surfacique des charges.
 - A l'extérieur, au voisinage immédiat des conducteurs : champ normal à la surface (obtenu par la relation de passage).
 - Rôle central de l'équation de Poisson / Laplace dans les problèmes d'électrostatique. Résolution de cette équation dans le cas des problèmes à un degré de liberté spatial ; application aux condensateurs (ex de cours : la capacité du condensateur diédrique)
- Cas général en régime variable :
 - Equations de d'Alembert pour les champs dans le vide.
 - A ce stade on admet que ces équations ont pour solutions des ondes, dont l'étude fera l'objet des prochains chapitres.
 - Dans le vide, la vitesse de propagation de ces ondes est $1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0} = c$, vitesse de la lumière dans le vide : la lumière est une onde électromagnétique !
- Cas des régimes lentement variables : ARQS (approximation du régime quasi stationnaire).
 - Définition et domaine de validité de l'ARQS.
 - Calcul des champs dans l'ARQS : prolongement des formules de magnétostatique ou d'électrostatique pour le champ dominant et approche inductive pour l'obtention de l'autre champ.
 - Equations locales dans l'ARQS.

PROGRAMME POUR MME GANIVET (UNIQUEMENT)

Révision du programme de chimie de MPSI :

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