

Cette semaine je souhaiterais que vous interrogiez les élèves en posant d'abord un exercice d'optique géométrique (cet exercice remplace la question de cours) puis un exercice d'électromagnétisme (en insistant sur les aspects énergétiques ou sur le phénomène de propagation dans le vide).

**FORMULATION LOCALE DE L'ELECTROMAGNETISME :**

TOUT LE PROGRAMME DES SEMAINES PRECEDENTES. Ajouter :

**Formulation locale et aspects énergétiques :**

- Force volumique de Lorentz exercée par le champ sur des porteurs de charges.  
Force volumique de Laplace exercée par le champ sur un conducteur ; lien avec l'expression vue en mpsi pour un conducteur filiforme.
- Puissance volumique fournie aux porteurs de charges par le champ.  
Cas d'un milieu ohmique : effet Joule.
- Concept d'énergie électromagnétique  $U_{em}$  ; densité d'énergie  $u_{em}$  et vecteur densité de puissance surfacique  $\vec{\Pi}$  associés à cette énergie.  
Bilan d'énergie électromagnétique : formulations intégrale et locale.
- Identité de Poynting et expressions de  $u_{em}$  et  $\vec{\Pi}$  en fonction de  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$ .  
*NB : la démonstration de l'identité de Poynting n'est pas au programme.*
- Exemples de référence validant les expressions de  $u_{em}$  et  $\vec{\Pi}$  :
  - Energie stockée dans un condensateur ou une bobine en régime permanent.
  - Bilan d'énergie au sein d'un fil conducteur ohmique en régime permanent.

**PROPAGATION ET RAYONNEMENT :**

La première partie du cours sur les ondes concerne la propagation libre, dans le vide. La propagation dans un métal et un plasma ainsi que la réflexion sur un conducteur et la prise en compte de conditions limites imposées au champ ne seront traitées plus tard dans l'année. Il est possible de poser un exercice de propagation guidée ou dans milieu mais il faudra fournir explicitement toutes les informations nécessaires (les équations constitutives ou les relations de passage sont à rappeler)

**Propagation libre des ondes électromagnétiques dans le vide :**

- Généralités sur les ondes et le spectre électromagnétique.
- Etude des ondes en dehors des sources : équation de d'Alembert sur les champs, solutions en ondes planes progressives, décomposition en ondes planes progressives monochromatiques (OPPM).
- Etude d'une OPPM se propageant dans le vide :
  - Utilisation de la notation complexe ; traduction des équations de Maxwell.
  - Structure de l'onde (caractère transverse des champs ; relation de structure ; trièdre direct  $u, E, B$ ).
  - Etat de polarisation de l'onde :
    - Principe de l'étude et définition de l'état de polarisation.
    - Cas particuliers de la polarisation rectiligne et de la polarisation circulaire.
    - Cas général : polarisation elliptique (qualitatif). *NB : L'étude d'une onde polarisée elliptiquement est théoriquement hors programme.*
    - Cas de la lumière naturelle qui est « non polarisée »

Aspects énergétiques :

- Densité volumique d'énergie associée à l'onde. Equipartition entre énergie électrique et magnétique.
- Puissance surfacique véhiculée par l'onde ; calcul du vecteur de Poynting instantané à partir des champs réels ; calcul de vecteur de Poynting moyen à partir du vecteur instantané réel, ou en complexe via la formule :

$$\langle \vec{\Pi} \rangle = \frac{1}{2} \Re \left\{ \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}^*}{\mu_0} \right\}.$$

- Intensité de l'onde :  $I = \left\| \langle \vec{\Pi} \rangle \right\| = \varepsilon_0 c \langle E^2 \rangle$

**PROGRAMME POUR MME GANIVET (UNIQUEMENT)**

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

- Cinétique chimique.
- Réactions acido-basiques
- Réactions de précipitation
- Réaction d'oxydoréduction