

---

**Programme de colles**  
**du 02/12/2024 au 06/12/2024**  
**Semaine 10 - S49**

---

*Notions à maîtriser*

Démonstrations à  
maîtriser

Méthodes à  
maîtriser

Exercice du TD  
correspondant

*En italique*

En bleu

En gras

En gras et en  
orange

---

**Physique EM05 : Énergie du champ électromagnétique (Cours + Exercices)**

***Voir programme précédent.***

**Physique Ondes 01 : Ondes EM dans le vide (Cours + Exercices)**

***Voir programme précédent.***

Structure d'une OPPM dans le vide : onde transverse, orthogonalité de  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$ , relation entre leurs normes. Relation de structure. *Démonstration à partir des équations de Maxwell complexes.*

Grandeurs énergétiques pour une OPPM : *densité volumique d'énergie EM, vecteur de Poynting, vitesse de propagation de l'énergie EM par analogie à la conservation de la charge.*

*Notion de polarisation d'une OPPM.*

*Polarisation rectiligne : définition, allure dans l'espace, courbe décrite par l'extrémité P du champ dans un plan d'onde, critère de déphasage entre composantes non nulles.*

*Polarisation circulaire : définition, allure dans l'espace, courbe décrite par l'extrémité P du champ dans un plan d'onde, critère de déphasage entre composantes non nulles.*

**Savoir déterminer les caractéristiques spatio-temporelles d'une OPPM : ex. 1, ex. 5, ex. 8, ex. 9**

**Savoir calculer les grandeurs énergétiques moyennes dans le cas d'une OPPM : ex. 1, ex. 4, ex. 5, ex. 7, ex. 8, ex. 9**

**Savoir utiliser la notation complexe pour étudier une OPPM : ex. 1, ex. 4**

**Savoir reconnaître une onde polarisée rectilignement : ex. 2, ex. 3, ex. 6**

**Savoir reconnaître une onde polarisée circulairement : ex. 6**

**Physique Ondes 02 : OEM dans un plasma - Dispersion d'une onde (Cours + Exercices)**

*Description d'un plasma. Hypothèses de plasma neutre et dilué (ou peu dense).*

*Interaction OPPM-plasma. Hypothèses : ions immobiles, électrons non relativistes, onde transversale. Vitesse complexe des électrons, densité volumique de courant, densité volumique de charge dans le plasma au passage d'une OPPM transverse.*

*Relation de dispersion dans le plasma : expression, démonstration.*

*Pulsation plasma  $\omega_p$ . Interprétation comme pulsation de coupure pour la propagation d'une OPPM.*

Vitesse de phase  $v_\phi$  : définition, expression. Lien avec la dispersion.

Vitesse de phase dans le vide et dans un plasma peu dense.

Sens physique de la vitesse de phase. Indice optique du plasma.

Propagation dans un plasma ( $\omega > \omega_p$ ) : relation de structure, vecteur de Poynting moyen.

Onde évanescente ( $\omega < \omega_p$ ) : définition, expression. Vecteur de Poynting moyen.

Paquet d'ondes : définition, paquet d'ondes gaussien (allure, spectre).

Superposition de deux OPPM : onde résultante, vitesse de l'enveloppe, vitesse de l'onde moyenne.

Généralisation à un paquet d'onde gaussien. Déformation du paquet d'ondes.

Vitesse de groupe  $v_g$  : définition, formule générale. Lien avec la transmission d'informations.

Vitesse de groupe dans le vide et dans un plasma peu dense.

Relation directe  $v_g$  et  $v_\phi$  dans un plasma peu dense.

Vitesse de groupe et propagation de l'énergie EM.

**Savoir reconnaître un milieu dispersif : tous les exercices**

**Savoir établir la relation de dispersion dans un plasma peu dense : ex. 2, ex. 6**

**Savoir étudier le comportement d'une OPPM dans un milieu dispersif suivant sa pulsation : tous les exercices**

**Savoir établir et interpréter les vitesses de groupe et de phase dans un milieu dispersif : ex. 2, ex. 6**

### **Physique Ondes 03 : OEM dans un conducteur (Cours uniquement)**

Modèle de l'électron amorti dans un métal conducteur. Modélisation des collisions par une force de frottements fluides.

Les modèles de l'électron amorti (Drude) et de l'électron élastiquement lié ne sont pas explicitement au programme. J'ai néanmoins décidé de les traiter entièrement cette année.

Vitesse complexe des électrons, densité volumique de courant.

Conductivité complexe d'un métal conducteur. Domaine de validité de la loi d'Ohm locale ( $\gamma_0 \in \mathbb{R}$ ).

Densité volumique de charges dans un métal conducteur au passage d'une OPPM : accumulation de charges, relaxation par conduction.

Domaine de validité *admis* de l'électroneutralité locale dans un métal conducteur.

Aucun élément théorique sur la relaxation de charges dans un métal conducteur n'est exigible mais le problème peut être abordé dans un exercice guidé.