

MP* Semaine 14 : 12 au 17 janvier 2026.

Cette semaine je souhaiterais à nouveau que vous interrogiez les élèves en posant d'abord un exercice d'optique géométrique puis un exercice d'électromagnétisme ou optique ondulatoire (exercices très simples).

PROPAGATION ET RAYONNEMENT :

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 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 :

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

- Intensité de l'onde : $I = \left\| \langle \vec{\Pi} \rangle \right\| = \epsilon_0 c \langle E^2 \rangle$.

OPTIQUE ONDULATOIRE :

Modèle scalaire de la lumière.

- Modélisation d'une onde lumineuse monochromatique :
 - Définition du **signal lumineux** dans le cadre de l'approximation scalaire.
 - Lien avec les rayons lumineux de l'optique géométrique ; **théorème de Malus**.
 - Expression de la phase du signal lumineux émis par une source ponctuelle à l'aide du **chemin optique**. Calcul du chemin optique dans les cas usuels (milieu homogène, franchissement de dioptres, passage à travers une lame ou une lentille, réflexion sur un miroir plan).
 - Déphasage supplémentaire lors de la réflexion sur un miroir ou sur un milieu plus réfringent.
 - Expression spécifique de la phase du signal lumineux dans le cas particulier d'une **onde plane** (source rejetée à l'infini).
- Notions de base sur l'émission, la propagation et la détection de la lumière :

- Nature électromagnétique de la lumière et **ordres de grandeurs de T , v et λ** pour une onde lumineuse monochromatique (*exigible*).
- Vitesse de propagation (vitesse de phase) et **indice optique**. Variabilité d'un milieu à l'autre ; ordres de grandeurs de n pour l'air, le verre, l'eau et un milieu très réfringent (*exigible*). Variabilité avec λ : formule de Cauchy.
- Dispersion de la lumière par un prisme, notion de **spectre lumineux** et définition de la **densité spectrale de puissance**. Notions de spectre large et de spectre **quasi monochromatique**. Sources lumineuses usuelles et nature de leurs spectres.
- DéTECTEURS usuels ; sensibilité à la moyenne du carré du champ électrique ; ordres de grandeurs de leurs temps de réponse. (*Exigible* : les temps de réponse typiques sont tous supérieurs à la μ s).
- Modélisation d'une onde lumineuse quasi-monochromatique :

Modèle des **trains d'ondes**, durée et longueur de **cohérence temporelle** l'onde ; ordres de grandeur pour un laser, pour une lampe spectrale et, par extension du modèle, pour la lumière blanche (*exigible*).

Incohérence spatiale des sources autres que le laser.

- **ECLAIREMENT**. Définition, calcul de l'éclairement associé à une onde monochromatique ou quasi-monochromatique.

Superposition de 2 ondes lumineuses quasi-monochromatiques et interférences

- Définition de la **cohérence mutuelle** de deux ondes en un point M : leur déphasage $\delta\phi$ en M doit être indépendant du temps (à l'échelle du temps de réponse du détecteur).
 - * La cohérence mutuelle de deux ondes est une condition nécessaire pour obtenir des interférences entre ces deux ondes.
 - * Deux ondes non synchrones ou issues de sources distinctes sont incohérentes.
 - * On peut obtenir deux **SOURCES secondaires cohérentes** à partir d'une source primaire ponctuelle et quasi-monochromatique, et d'un **diviseur d'onde**.
 - * La cohérence mutuelle des 2 ondes secondaires est limitée à des points M pour lesquels la différence de marche est inférieure à la longueur de cohérence temporelle de la source, soit : $\delta(M) < l_c$ (d'où l'intérêt d'une source quasi monochromatique).

- Expression de l'éclairement (ou intensité lumineuse) obtenu par superposition de deux ondes quasi-mono-chromatiques.
 - * Calcul dans le cas de deux ondes incohérentes : absence d'interférences.
$$E(M) = E_1(M) + E_2(M)$$
 - * Cas de deux ondes cohérentes : **formule de Fresnel** et « terme d'interférences ».
 - * Démonstration directe de la formule de Fresnel à l'aide de la notation complexe.
 - * Définition du **contraste des franges**.
- Calcul de la **différence de marche** et du déphasage entre deux ondes secondaires, dans l'expérience des trous d'Young (source et écran d'observation à distance finie).

PROGRAMME POUR MME GANIVET (UNIQUEMENT)

Révision du programme de chimie de MPSI :

- **Cristallographie**
- **Cinétique chimique**.
- **Réactions acido-basiques et réactions de précipitation**