

Programme de colle MP semaine 16

du 27/01 au 31/01 2025

Cours 21 : Généralités sur l'optique ondulatoire et interférences

Rappels d'optique géométrique.

Caractère ondulatoire de la lumière : sources ; récepteurs de lumière ; éclairement ou intensité (le programme les considère équivalent).

Modèle scalaire de la lumière : approximation scalaire ; théorème de Malus ; intensité lumineuse.

Propagation de l'onde lumineuse : chemin optique ; retard de phase dû à la propagation ; surfaces d'onde ; ondes planes ; ondes sphériques.

Superposition de deux ondes lumineuses : Terme d'interférence ; notion de train d'ondes ; conditions d'obtention d'interférences : sources synchrones, sources mutuellement cohérentes, différence de marche $<$ longueur de cohérence ; formule des interférences à 2 ondes ; figures d'interférences : franges brillantes, sombres, contraste ; utilisation de la notation complexe.

Cours 22 : Dispositifs interférentiels

Principe d'obtention de sources synchrones et mutuellement cohérentes.

Un exemple d'interférences par division du front d'onde : l'expérience des trous d'Young : figure d'interférences, expression de l'éclairément, calcul de la différence de marche, interfrange, contraste.

Facteurs limitant le contraste des interférences – notion de cohérence spatiale et temporelle : source constituée de 2 points, source étendue (pas de démo), cas d'un doublet de longueurs d'onde, cas d'une source à profil rectangulaire, interférences en lumière blanche.

Un exemple d'interférences par division d'amplitude : l'interféromètre de Michelson : description ; configuration en lame d'air : équivalence du montage à une lame d'air, franges d'égale inclinaison : calcul de la différence de marche, surface de localisation, rayon des franges brillantes ; configuration en coin d'air : surface de localisation, franges d'égale épaisseur ; exemple de mesure : translation des franges d'égale épaisseur, mesure du doublet du sodium.

Questions de cours :

1. Optique géométrique : relation de conjugaison, conditions de Gauss, foyers secondaires...
2. Énoncer et démonstration de la formule d'interférence à 2 ondes.
3. Conditions d'interférence. Pour 2 ondes, préciser quand on a interférence constructive ou destructive. Définir le contraste et l'intensité lumineuse.
4. Trous d'Young éclairés par une source ponctuelle: figure d'interférences, expression de l'éclairément, calcul de la différence de marche, interfrange, contraste.
5. Trous d'Young éclairés par un doublet de longueur d'onde ponctuelle: figure d'interférences, expression de l'éclairément, contraste.
6. Interféromètre de Michelson : configuration en lame d'air : équivalence du montage à une lame d'air, franges d'égale inclinaison : calcul de la différence de marche, surface de localisation, rayon des franges brillantes.
7. Interféromètre de Michelson : configuration en coin d'air : équivalence du montage à un coin d'air, surface de localisation, franges d'égale épaisseur ; différence de marche.

Programme prévisionnel de la semaine suivante :

Réseaux

Eléments du programme en rapport avec la colle :

3.1. Modèle scalaire des ondes lumineuses	
Modèle de propagation dans l'approximation de l'optique géométrique.	Utiliser une grandeur scalaire pour décrire un signal lumineux.
Chemin optique. Déphasage dû à la propagation. Surfaces d'ondes. Théorème de Malus (admis). Onde plane, onde sphérique ; effet d'une lentille mince dans l'approximation de Gauss.	Exprimer le retard de phase en un point (par rapport à un autre) en fonction de la durée de propagation ou du chemin optique. Associer une description de la formation des images en termes de rayon lumineux et en termes de surfaces d'onde. Utiliser la propriété énonçant que le chemin optique séparant deux points conjugués est indépendant du rayon lumineux choisi.
Modèle d'émission. Relation (admise) entre le temps de cohérence et la largeur spectrale.	Citer l'ordre de grandeur du temps de cohérence Δt de quelques radiations visibles. Utiliser la relation $\Delta f \cdot \Delta t \sim 1$ pour relier le temps de cohérence à la largeur spectrale $\Delta \lambda$ de la radiation.
Récepteurs. Intensité de la lumière.	Relier l'intensité à la moyenne temporelle du carré de la grandeur scalaire de l'optique. Citer l'ordre de grandeur du temps de réponse de quelques récepteurs de lumière. Mettre en œuvre des expériences utilisant un capteur photographique numérique.
3.2. Superposition d'ondes lumineuses	
Superposition de deux ondes incohérentes entre elles.	Justifier et utiliser l'additivité des intensités.
Superposition de deux ondes monochromatiques cohérentes entre elles : formule de Fresnel. Facteur de contraste.	Citer les principales conditions pour que le phénomène d'interférences apparaisse (ondes quasi synchrones, déphasage constant dans le temps ou très lentement variable). Établir et utiliser la formule de Fresnel. Associer un bon contraste à des ondes d'intensités voisines.

3.3. Exemple de dispositif interférentiel par division du front d'onde : trous d'Young	
Trous d'Young ponctuels dans un milieu non dispersif : source ponctuelle à distance finie et observation à grande distance. Champ d'interférences. Ordre d'interférences.	Définir, exprimer et utiliser l'interfrange et l'ordre d'interférences. Justifier que les franges ne sont pas localisées.
Variations de l'ordre d'interférences avec la position du point d'observation ; franges d'interférences.	Interpréter la forme des franges observées.
Variations de l'ordre d'interférences avec la position d'un point source. Perte de contraste par élargissement angulaire de la source.	Utiliser un critère de brouillage des franges portant sur l'ordre d'interférence.
Variations de l'ordre d'interférence avec la longueur d'onde. Perte de contraste par élargissement spectral de la source.	Utiliser un critère de brouillage des franges portant sur l'ordre d'interférence.
3.4. Exemple de dispositif interférentiel par division d'amplitude : interféromètre de Michelson éclairé par une source spatialement étendue	
Interféromètre de Michelson éclairé par une source spatialement étendue. Localisation (admise) des franges.	Citer les conditions d'éclairage et d'observation en lame d'air et en coin d'air.
Lame d'air : franges d'égale inclinaison.	Établir et utiliser l'expression de la différence de marche en fonction de l'épaisseur de la lame d'air équivalente et de l'angle d'incidence des rayons. Régler un interféromètre de Michelson pour une observation en lame d'air avec une source étendue à l'aide d'un protocole proposé. Mettre en œuvre un protocole pour accéder au profil spectral d'une raie ou d'un doublet à l'aide d'un interféromètre de Michelson.
Coin d'air : franges d'égale épaisseur.	Utiliser l'expression admise de la différence de marche en fonction de l'épaisseur. Caractériser la géométrie d'un objet ou l'indice d'un milieu à l'aide d'un interféromètre de Michelson. Interpréter qualitativement les observations en lumière blanche.