

## Programme de colles de physique Semaine du 11 au 15 mars

### Approche ondulatoire de la mécanique quantique

#### Révisions d'optique géométrique

#### Modèle scalaire des ondes lumineuses

Programme	Capacités exigibles
<p>Les sources : émission spontanée (durée des trains d'onde), cas d'une source utilisant la désexcitation radiative (caractère aléatoire de l'émission des trains d'onde, temps de cohérence), émission stimulée, lien entre largeur spectrale et durée du train d'onde.</p>	<p>Classifier différentes sources lumineuses (lampe spectrale, laser, lumière blanche...) en fonction du temps de cohérence de leurs diverses radiations et connaître quelques ordres de grandeur des longueurs de cohérence temporelle associées. Utiliser la relation <math>\Delta f \Delta t \approx 1</math> pour relier le temps de cohérence et la largeur spectrale <math>\Delta \lambda</math> de la radiation considérée.</p>
<p>Les récepteurs : exemples (l'œil, les capteurs CCD/CMOS, les photorécepteurs électroniques), éclaircissement (lien avec le champ électrique)</p>	<p>Comparer le temps de réponse d'un récepteur usuel (œil, photodiode, capteur CCD) aux temps caractéristiques des vibrations lumineuses.</p> <p>Relier l'intensité à la moyenne temporelle du carré de la grandeur scalaire de l'optique.</p> <p>Associer la grandeur scalaire de l'optique à une composante d'un champ électrique.</p>
<p>De l'onde électromagnétique à l'onde lumineuse : utilisation de la grandeur scalaire pour les ondes de polarisation rectiligne (sensiblement) égales ou pour les ondes non polarisées de directions de propagation (sensiblement) égales, signal lumineux (ou vibration lumineuse).</p>	
<p>Phase et chemin optique : définition du chemin optique, déphasage par propagation, déphasages supplémentaires, définition de la surface d'onde (théorème de Malus), propriété des ondes sphériques.</p>	<p>Exprimer le retard de phase en un point en fonction du retard de propagation ou du chemin optique.</p> <p>Utiliser l'égalité des chemins optiques sur les rayons d'un point objet à son image.</p>
<p>Ondes planes et sphériques : expression des vibrations lumineuses, effet d'une lentille mince.</p>	<p>Associer une description de la formation des images en termes de rayons lumineux et en termes de surfaces d'onde.</p>

### Généralités sur les interférences

Programme	Capacités exigibles
<p>Superposition de deux ondes : vibration et intensité, premier critère de cohérence (les sources doivent avoir même fréquence), différences de marche (géométrique, supplémentaire et optique), compléments sur la cohérence (longueur de cohérence temporelle, longueur de cohérence spatiale, cas de la lumière polarisée).</p>	<p>Justifier et utiliser l'additivité des intensités pour deux ondes incohérentes entre elles.</p>

Formule de Fresnel

Figure d'interférence : ordre d'interférence ( $p$  est entier pour une frange brillante, entier  $+ 1/2$  pour une frange sombre), contraste.

Les deux types de systèmes interférentiels.

Établir la formule de Fresnel. Identifier une situation de cohérence entre deux ondes et utiliser la formule de Fresnel.

Définir, déterminer et utiliser l'ordre d'interférence. Associer un bon contraste à des ondes d'intensités  $I_1$  et  $I_2$  voisines.

### Dispositif à division du front d'onde : les trous de Young

#### Programme

Dispositif des trous de Young pour une source ponctuelle : observation expérimentale (la figure d'interférence est limitée par la diffraction), différence de marche (observation à distance finie pour  $D \gg x, a$ ), intensité lumineuse en un point de l'écran (ordre d'interférence, interfrange).

Montage de Fraunhofer : description, différence de marche, ordre d'interférence et interfrange.

Effet d'un élargissement spatial de la source : effet du déplacement d'une source ponctuelle, cas d'une bi-source, cas d'une source étendue.

Effet d'un élargissement spectral de la source : cas d'un doublet (périodicité du brouillage, ordre de grandeur pour le sodium), cas d'une source quasi-monochromatique (utilisation du critère semi-quantitatif  $\Delta p \leq 1/2$ , condition sur la différence de marche, longueur de cohérence temporelle), cas de la lumière blanche (ordre de grandeur de  $l_c$ , blanc d'ordre supérieur, spectre cannelé : détermination des longueurs d'onde éteintes).

Ajout d'une lame de verre devant un des trous, dispositif des fentes d'Young

#### Capacités exigibles

Identifier l'effet de la diffraction sur la figure observée. Savoir que les franges ne sont pas localisées. Définir, déterminer et utiliser l'ordre d'interférence. Justifier la forme des franges observées sur un écran éloigné parallèle au plan contenant les trous de Young. Exprimer l'ordre d'interférence sur l'écran dans le cas d'un dispositif des trous de Young utilisés en configuration de Fraunhofer.

Utiliser le critère semi-quantitatif  $|\Delta p| > 1/2$  (où  $|\Delta p|$  est évalué sur la moitié de l'étendue spatiale de la source) pour interpréter les observations expérimentales.

Utiliser le critère semi-quantitatif  $|\Delta p| > 1/2$  (où  $|\Delta p|$  est évalué sur la moitié de l'étendue spectrale de la source) pour interpréter des observations expérimentales. Relier la longueur de cohérence,  $\Delta\lambda$  et  $\lambda_m$  en ordre de grandeur.

Déterminer les longueurs d'onde des cannelures.

Expliquer l'intérêt pratique du dispositif des fentes d'Young comparativement aux trous d'Young.

### Dispositif à division d'amplitude : interféromètre de Michelson – Cours uniquement

#### Programme

L'interféromètre de Michelson : description, nécessité de la compensatrice.

Utilisation en lame d'air. Cas de la source ponctuelle : différence de marche, ordre d'interférence, rayon du premier anneau, les interférences ne sont pas localisées. Source spatialement étendue : on admet la localisation à l'infini, différence de marche. Figure d'interférence, intensité sur l'écran, rayon des anneaux.

#### Capacités exigibles

Établir et utiliser l'expression de l'ordre d'interférence en fonction de l'épaisseur de la lame, l'angle d'incidence et la longueur d'onde. Justifier les conditions d'observation des franges d'égale inclinaison, le lieu de localisation des franges étant admis.

Utilisation en coin d'air. Éclairage par une source ponctuelle : on obtient une géométrie similaire aux trous de Young. Éclairage par une source étendue : on admet que les franges sont localisées sur les miroirs, ordre d'interférence, différence de marche (calcul simplifié pour  $\varepsilon \ll 1$ ), figure d'interférence, interfrange.

Utiliser l'expression donnée de la différence de marche en fonction de l'épaisseur pour exprimer l'ordre d'interférence. Justifier les conditions d'observation des franges d'égale épaisseur, le lieu de localisation étant admis.

### Interférences à $N$ ondes – Cours uniquement

Programme	Capacités exigibles
<p>Dispositif à <math>N</math> trous de Young (en montage de Fraunhofer) : différence de phase, intensité sur l'écran, construction de Fresnel (on retrouve graphiquement les conditions d'interférences totalement constructives ou destructives).</p> <p>Les réseaux plans : établissement de la formule des réseaux pour les réseaux par transmission et réflexion.</p> <p>Utilisation des réseaux : minimum de déviation, pouvoir de résolution et recouvrement d'ordre.</p>	<p>Expliquer qualitativement l'influence de <math>N</math> sur l'intensité et la finesse des franges brillantes observées. Établir, par le calcul, la condition d'interférences constructives et la demi largeur <math>\frac{2\pi}{N}</math> des franges brillantes.</p> <p>Établir et utiliser la formule indiquant la direction des maxima d'intensité derrière un réseau de fentes rectilignes parallèles.</p>

### TP

Oscillateur à pont de Wien.  
Interféromètre de Michelson (1/2 classe)