Programme de colles de physique
Semaine du 10 au 14 mars

Révisions d'optique géométrique

Modèle scalaire des ondes lumineuses

Programme	Capacités exigibles
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.	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 $\Delta f \Delta t \simeq 1$ pour relier le temps de cohérence et la largeur spectrale $\Delta\lambda$ de la radiation considérée.
Les récepteurs : exemples (l'œil, les capteurs CCD/CMOS, les photorécepteurs électroniques), éclairement (lien avec le champ électrique)	Comparer le temps de réponse d'un récepteur usuel (œil, photodiode, capteur CCD) aux temps caractéristiques des vibrations lumineuses. Relier l'intensité à la moyenne temporelle du carré de la grandeur scalaire de l'optique.
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).	Associer la grandeur scalaire de l'optique à une composante d'un champ électrique.
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.	Exprimer le retard de phase en un point en fonction du retard de propagation ou du chemin optique. Utiliser l'égalité des chemins optiques sur les rayons d'un point objet à son image.
Ondes planes et sphériques : expression des vibrations lumineuses, effet d'une lentille mince.	Associer une description de la formation des images en termes de rayons lumineux et en termes de surfaces d'onde.

Généralités sur les interférences

Programme	Capacités exigibles
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).	Justifier et utiliser l'additivité des intensités pour deux ondes incohérentes entre elles.

Formule de Fresnel	Établir la formule de Fresnel. Identifier une situation de cohérence entre deux ondes et utiliser la 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.	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	**Capacités exigibles**
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).	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.
Montage de Fraunhofer : description, différence de marche, ordre d'interférence et interfrange.	Exprimer l'ordre d'interférence sur l'écran dans le cas d'un dispositif des trous de Young utilisés en configuration de Fraunhofer.
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.	Utiliser le critère semi-quantitatif $\lvert\Delta p\rvert > 1/2$ (où $\lvert\Delta p\rvert$ est évalué sur la moitié de l'étendue spatiale de la source) pour interpréter les observations expérimentales.
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 $\Delta p \leqslant 1/2$, 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).	Utiliser le critère semi-quantitatif $\lvert\Delta p\rvert > 1/2$ (où $\lvert\Delta p\rvert$ 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 λ_m en ordre de grandeur. Déterminer les longueurs d'onde des cannelures.
Ajout d'une lame de verre devant un des trous, dispositif des fentes d'Young	Expliquer l'intérêt pratique du dispositif des fentes d'Young comparativement aux trous d'Young.

Dispositif à division d'amplitude : interféromètre de Michelson

Programme	**Capacités exigibles**
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.	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**
Dispositif à N 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).	Expliquer qualitativement l'influence de N sur l'intensité et la finesse des franges brillantes observées. Établir, par le calcul, la condition d'interférences constructives et la demi largeur $\frac{2\pi}{N}$ des franges brillantes.
Les réseaux plans : établissement de la formule des réseaux pour les réseaux par transmission et réflexion.	Établir et utiliser la formule indiquant la direction des maxima d'intensité derrière un réseau de fentes rectilignes parallèles.
Utilisation des réseaux : minimum de déviation, pouvoir de résolution et recouvrement d'ordre.	

Diffusion de particules — Cours uniquement

Programme	**Capacités exigibles**
Phénomènes de transports, échelle mésoscopique, vecteur densité de flux de particules.	Exprimer le flux de particules traversant une surface orientée en utilisant le vecteur $\overrightarrow{j_N}$.
Bilans de particules : cas unidimensionnel en coordonnées cartésiennes (avec ou sans pertes), généralisation à 3D.	Utiliser la notion de flux pour traduire un bilan global de particules. Établir une équation traduisant un bilan local dans le seul cas d'un problème unidimensionnel en géométrie cartésienne, éventuellement en présence de sources internes. Utiliser une généralisation en géométrie quelconque utilisant l'opérateur divergence et son expression fournie.
Loi de Fick : énoncé, propriétés.	Utiliser la loi de Fick. Citer l'ordre de grandeur d'un coefficient de diffusion dans un gaz dans les conditions usuelles.
Équation de diffusion : cas unidimensionnel (avec ou sans sources), généralisation à 3D, grandeurs caractéristiques de diffusion (obtenu par étude en ordre de grandeur).	Établir une équation de la diffusion en l'absence de sources internes. Utiliser une généralisation en géométrie quelconque en utilisant l'opérateur laplacien et son expression fournie. Analyser une équation de diffusion en ordre de grandeur pour relier des échelles caractéristiques spatiale et temporelle.
Cas du régime stationnaire : problème unidimensionnel en coordonnées cartésiennes, problèmes à symétries cylindrique et sphérique.	Utiliser la conservation du flux sous forme locale ou globale en l'absence de source interne.

Approche microscopique de la diffusion : modèle de la marche au hasard à une dimension, expression microscopique du coefficient de diffusion.	Mettre en place un modèle probabiliste discret à une dimension de la diffusion (marche au hasard) et évaluer le coefficient de diffusion associé en fonction du libre parcours moyen et de la vitesse quadratique moyenne.

TP

Interféromètre de Michelson (1/2 classe)