BLAISE PASCAL
PT 2023-2024

Programme des colles semaines 24 et 25 : du 25 mars au 5 avril

Interférences

La colle commence par une application de cours extraite de la liste ci-dessous et se poursuit par un exercice. Je rappelle que vous trouverez sur mon site la version complétée du poly de cours, ainsi que les corrigés des TD et des DM. N'hésitez surtout pas à me signaler s'il en manque !

Au programme

Chapitre 25 : Modèle scalaire des ondes lumineuses

Questions de cours et exercices.

Chapitre 26 : Interférences par division du front d'onde

Questions de cours et exercices.

Chapitre 27 : Interférences par division d'amplitude

Questions de cours et exercices.

Attention ! Le TD sera fait dans le courant de la semaine 24 : on se limitera donc pour commencer à des applications de cours ou des exercices simples et guidés.

Révisions R9 : Optique géométrique

Questions de cours uniquement, aucun exercice.

Questions d'application directe du cours

Seuls les étudiants du groupe PT⋆ (trinômes 7 à 12) seront interrogés sur les questions marquées d'une étoile, car elles sont plus techniques et/ou moins essentielles ... mais tous les étudiants sont bien sûr invités à les travailler !

25.1 - Présenter le modèle des trains d'ondes. Quel type d'ondes permet-il de décrire ? Comment les caractéristiques des trains d'ondes (période, durée) sont-elles reliées aux caractéristiques spectrales (= en fréquence) de la source qui les émet ?

> *Rappelons que le modèle des trains d'onde permet de décrire des ondes quasi-monochromatiques, c'est-à-dire dont les propriétés changent lentement comparativement à la période de l'onde.*

25.2 - La raie verte du mercure a une longueur d'onde $\lambda = 546\,\mathrm{nm}$ et une largeur $\Delta\lambda = 2 \cdot 10^{-2}\,\mathrm{nm}$ dans une lampe haute pression. Déterminer son temps de cohérence.

> *On admettra, comme point de départ de la démonstration, la relation* $\Delta\nu = \left|\dfrac{\mathrm{d}\nu}{\mathrm{d}\lambda}\right| \Delta\lambda$.

(★) 25.3 - Rappeler sous quelles conditions deux ondes sont cohérentes. Établir la formule de Fresnel dans ces hypothèses.

25.4 - Rappeler sans démonstration la formule de Fresnel pour deux sources de même éclairement $\mathcal{E}_0$ et ses conditions d'applications (= critères de cohérence). En déduire les conditions d'interférences constructives et destructives en termes de déphasage, d'ordre d'interférence et de différence de marche.

26.1 - Établir l'expression de la différence de marche dans le cas de trous d'Young éclairés par une source ponctuelle monochromatique placée sur l'axe des trous et pour un écran placé à grande distance.

26.2 - Établir l'expression de la différence de marche dans le cas de trous d'Young éclairés par une source ponctuelle monochromatique placée sur l'axe des trous et pour l'observation dans le plan focal image d'une lentille convergente.

> *L'interrogateur sera particulièrement vigilant à la rigueur de vos explications d'une part pour la construction des rayons qui interfèrent, et d'autre part pour la simplification du calcul de la différence de marche sous la forme « $\delta = HM$ ».*

26.3 - Considérons un système de trous d'Young éclairés par deux sources ponctuelles incohérentes, distantes de b, symétriques par rapport à l'axe optique. Calculer l'éclairement total observé sur l'écran et identifier un terme d'interférences et un facteur de contraste. L'expression de la différence de marche sera rappelée sans démonstration par l'étudiant.

(★) 26.4 - Considérons un système de trous d'Young éclairés par une source étendue de largeur b centrée sur l'axe optique. Appliquer le critère de brouillage pour établir l'expression de la largeur de cohérence spatiale de la source. L'expression de la différence de marche sera rappelée sans démonstration par l'étudiant.

26.5 - Établir la formule des réseaux.

> *La différence de marche entre deux motifs consécutifs doit être redémontrée, et il est attendu que l'étudiant explique pourquoi il suffit de considérer des interférences constructives entre* deux *motifs pour déterminer les directions d'interférences constructives entre* tous *les motifs.*

27.1 - Rappeler la constitution d'un interféromètre de Michelson et son schéma équivalent en justifiant. Définir les deux configurations lame d'air et coin d'air. Pour chaque configuration :
(a) Donner l'allure de la figure d'interférences ;
(b) Indiquer le lieu de localisation et la position de la lentille de projection permettant de l'observer ;
(c) Indiquer les conditions d'éclairage et la position du condenseur permettant de les atteindre.

27.2 - Établir l'expression de la différence de marche en lame d'air. La distance entre sources secondaires doit être clairement justifiée par un schéma propre.

(★) 27.3 - Considérons un Michelson en lame d'air d'épaisseur e. Établir la relation entre l'ordre p d'un anneau et son rayon r sur l'écran. En déduire le nombre d'anneaux observés dans une figure d'interférences de rayon R en fonction de e.

27.4 - Considérons un Michelson en lame d'air éclairé par un doublet spectral.
(a) Établir l'expression de l'éclairement au centre des anneaux en fonction de l'épaisseur e de la lame d'air. Interpréter les différents termes (facteur de contraste et terme d'interférences).
(b) Définir les coïncidences et anti-coïncidences.
(c) Exprimer l'écart de longueur d'onde $\Delta\lambda$ en fonction de la distance Δx dont le miroir mobile est chariotté entre deux anticoïncidences successives.

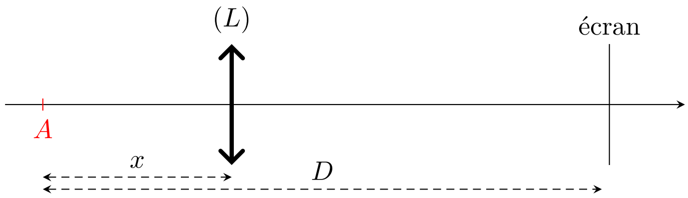
R9.1 - On considère un rayon lumineux se propageant d'un milieu ① vers un milieu ② tels que $n_1 < n_2$. On note i_1 l'angle d'incidence sur le dioptre plan séparant les deux milieux. Représenter la situation sur un schéma et établir l'expression de l'angle maximal de réfraction $i_{2,\text{max}}$.

R9.2 - On considère la même situation avec désormais $n_1 > n_2$. Montrer que, si l'angle d'incidence est supérieur à une valeur maximale $i_{1,\text{max}}$ à déterminer, alors le rayon lumineux est totalement réfléchi et ne pénètre pas dans le milieu ②.

R9.3 - Sur un exemple donné par l'interrogateur, construire l'image d'un objet réel par une lentille **convergente**. On s'attachera en particulier aux cas « moins simples » : image virtuelle ou à l'infini.

(★) R9.4 - Sur un exemple donné par l'interrogateur, construire l'image d'un objet réel par une lentille **divergente**.

R9.5 - Considérons un objet A et un écran séparés d'une distance D. On souhaite former l'image de l'objet sur l'écran avec une lentille de distance focale f'. Établir une condition sur D et f' pour que cela soit possible, et déterminer les deux positions possibles pour la lentille. Parmi ces positions, laquelle choisir pour obtenir une image agrandie ?



> ***Éléments de réponse :*** *La relation de conjugaison s'écrit*
> $$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \qquad \textit{soit} \qquad \frac{1}{D-x} - \frac{1}{-x} = \frac{1}{f'}$$
> *que l'on transforme en une équation polynômiale*
> $$x^2 - Dx + Df' = 0\,.$$

Il n'est possible de former l'image que si cette équation admet des racines réelles, c'est-à-dire si son discriminant est positif :

$$D^2 - 4Df' \geq 0 \qquad \text{soit} \qquad \boxed{f' \leq \frac{D}{4}\,.}$$

Les deux positions possibles sont alors symétriques par rapport au milieu du segment objet-lentille, données par

$$x_\pm = \frac{D}{2} \pm \frac{\sqrt{D(D-4f')}}{2}\,.$$

La relation de grandissement s'écrit

$$\gamma \underset{\text{déf}}{\overset{}{=}} \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \underset{\text{rel}}{=} \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}\,.$$

Ainsi, une image agrandie signifie $|\gamma| > 1$, donc $\left|\overline{OA'}\right| > \left|\overline{OA}\right|$: il faut donc choisir la position x_- où la lentille est plus proche de l'objet que de l'écran. Attention aux valeurs absolues : comme on le constate sur le schéma, $\overline{OA} < 0$ donc $\gamma < 0$.

À quoi s'attendre pour le programme suivant ?

Cette quinzaine de colle est la dernière de l'année : RDV pour les oraux blancs !