

Devoir surveillé d'optique

13 novembre 2014

⌚ Durée : 1h30

📄 L'emploi d'une fiche personnelle de format A4 recto non photocopiée est autorisé, ainsi qu'une calculette et son mode d'emploi.

Les réponses nécessitant d'être rédigées seront corrigées en tenant aussi compte de la qualité de la rédaction. Les parties 1- et 2- sont indépendantes.

Le barème suivant est donné à titre indicatif : 1- sur 4+6+2 = 12 pts, 2- sur 8 pts

1- Exercice de Cours : expérience réalisée avec deux fentes identiques

A- Une fente rectangulaire de largeur $e = 250 \mu\text{m}$ mais de hauteur "très grande" est éclairée sous incidence normale par un laser vert à 532 nm . Un écran est placé parallèlement au plan contenant la fente; il est situé à $D = 1.20 \text{ m}$ de celle-ci.

Q1.1 Faire une figure claire précisant les notations. Décrire brièvement la distribution d'éclairement constatée sur l'écran (en forme et en allure). Préciser le nom du phénomène.

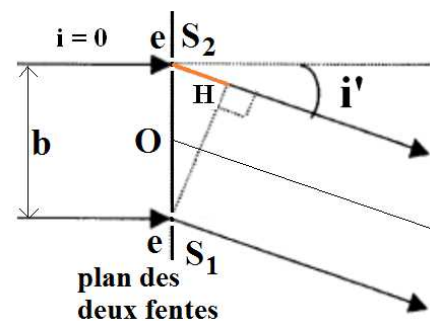
Q1.2 Rappeler les formules et faire les calculs nécessaires pour obtenir la largeur de la "tache" centrale de la figure. Trouver sa valeur en mm.

B- (partie "indépendante" de A-)

On considère maintenant deux fentes similaires à la précédente, parallèles entre elle et distante de $b = 0.6 \text{ mm}$. Dans les calculs de la partie B, on considère arbitrairement ces fentes comme "infiniment fines".

Q1.3 Faire une première figure claire montrant les deux rayons 1 et 2 arrivant en un point P de l'écran, situé dans la direction d'angle i' . On repère ce point P par une seule coordonnée y' : préciser sur la figure votre choix pertinent d'axes et d'origine. Exprimer i' en fonction de D et y' .

Q1.4 Cette seconde figure montre en détail la cause de la différence de marche $\delta = \frac{b y'}{D}$ entre les ondes portées par ces deux rayons 1 et 2. Retrouver cette formule (on a pris en compte $n_{\text{air}} = 1$).



L'éclairement reçu en P est dans le cadre des notations et des hypothèses usuelles du Cours exprimé par $E = 2E_0 (1 + \cos(\Delta\varphi))$

Q1.5 Exprimer alors l'éclairement E en fonction de la position y' . Esquisser l'allure de la courbe d'éclairement obtenue en fonction de y' . Préciser le nom du phénomène.

Q1.6 Identifier les positions particulières d'éclairement maximal. Rappeler l'allure de la figure d'éclairement.

Q1.7 Définir l'interfrange i . Retrouver la formule de l'interfrange en fonction des paramètres pertinents. Calculer i en mm.

C- (partie utilisant les résultats des parties A- et B-)

On considère maintenant l'expérience réelle faite avec deux fentes de largeur $e = 250 \mu\text{m}$ dont les centres sont séparés de $b = 0.6 \text{ mm}$.

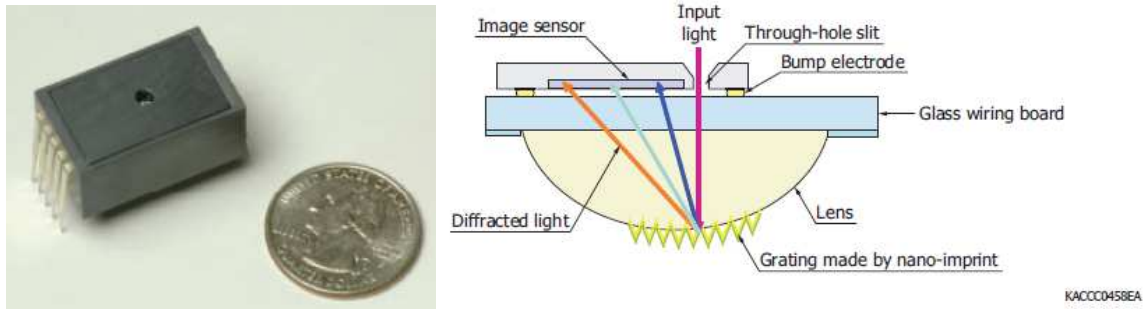
Q1.8 Combien observe-t-on de franges dans la tache centrale?

Q1.9 Esquisser l'allure de la courbe d'éclairement reçu sur l'écran.

Q1.10 Historiquement, comme s'appelle cette expérience?

2- Actualité : mini spectromètre Hamamatsu C10988MA

Hamamatsu propose récemment ce mini-spectromètre à sortie numérique qui ne pèse que 9 g pour des dimensions de $27.6 \times 13 \times 16.8 \text{ mm}^3$! La description suivante ainsi que les documents fournis sont issus de la notice disponible en ligne.



La lumière à analyser arrive en incidence normale par le dessus ; elle pénètre par une fente de $75 \mu\text{m}$ de large dans une demi-sphère de plastique d'indice optique $n_p = 1.5$.

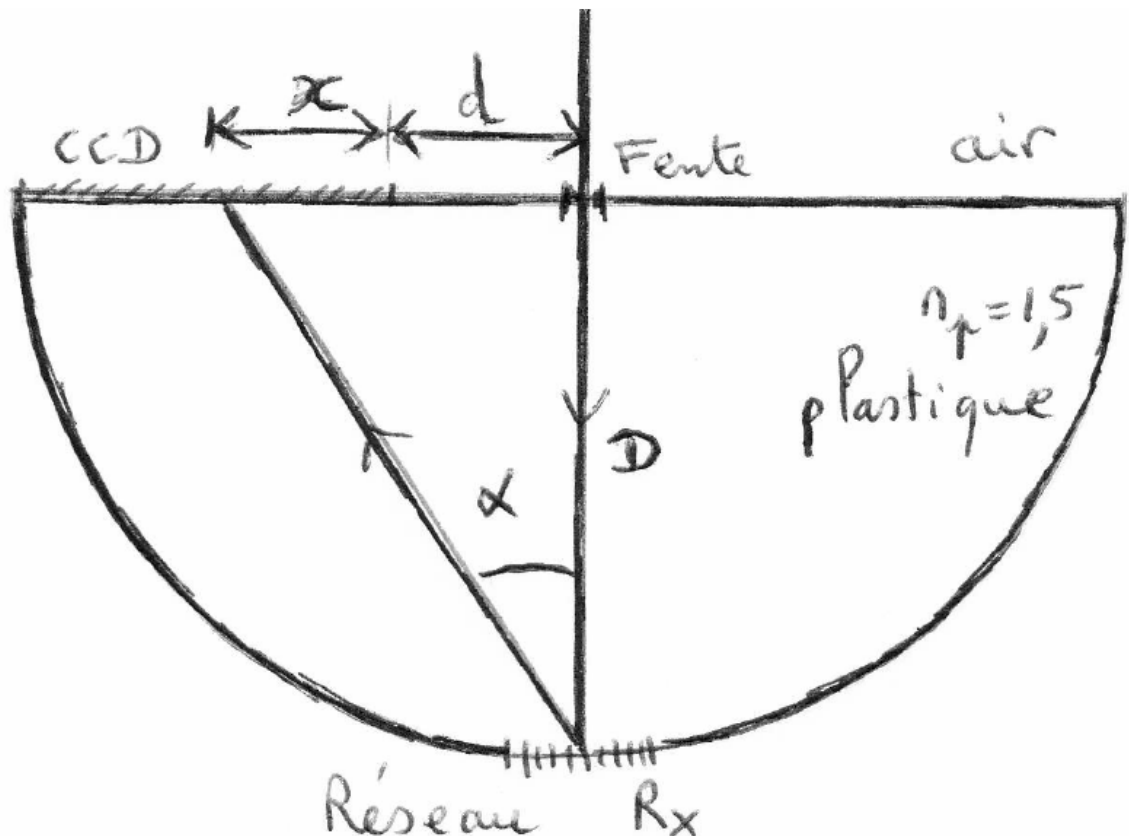
Le réseau est utilisé en réflexion ; il est imprimé sur l'extérieur de la surface courbe mais on le considèrera comme un **réseau plan** avec une densité de traits $n_R = 1400 \text{ tr/mm} = 1.4 \text{ tr}/\mu\text{m}$.

Attention aux notations : bien distinguer dans les calculs suivants n_R de n_p .

La lumière utile à la mesure est la lumière diffractée au premier ordre ($k = 1$). Elle est mesurée par un capteur d'image composé de 256 pixels en ligne ; chaque pixel a une largeur $l_{px} = 12.5 \mu\text{m}$.

La figure suivante interprète le fonctionnement en le simplifiant un peu. Le pixel recevant la lumière est situé à la distance $x+d$ de la fente. Le pixel n° 0 est à $x = 0$.

Les distances sont $D = 5 \text{ mm}$ et $d = 1.7 \text{ mm}$.



Q2.1 Ecrire la relation géométrique entre α , D , x et d .

Q2.2 Démontrer que le fonctionnement du réseau de ce composant est décrit par la relation : $\sin\alpha = \frac{k n_R \lambda_0}{n_P}$ où k est l'ordre, n_R la densité de traits du réseau, n_P l'indice optique du plastique et λ_0 la longueur d'onde dans l'air.

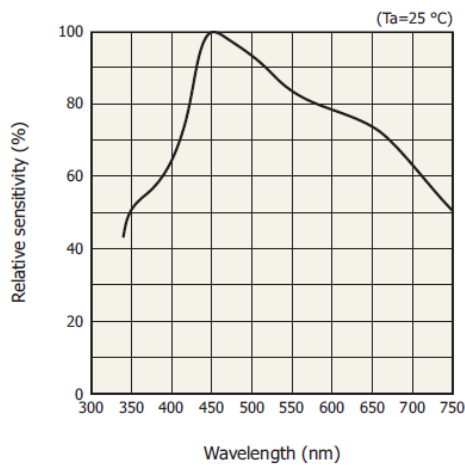
Q2.3 Le pixel $N_{PX} = 0$ est positionné à $x = x_{\min} = 0$. Calculer α_{\min} puis la valeur $\lambda_{0 \min}$ mesurable par ce système.

Le pixel $N_{PX} = 255$ est positionné $x = x_{\max}$. Calculer x_{\max} , α_{\max} puis la valeur $\lambda_{0 \max}$ mesurable par ce système.

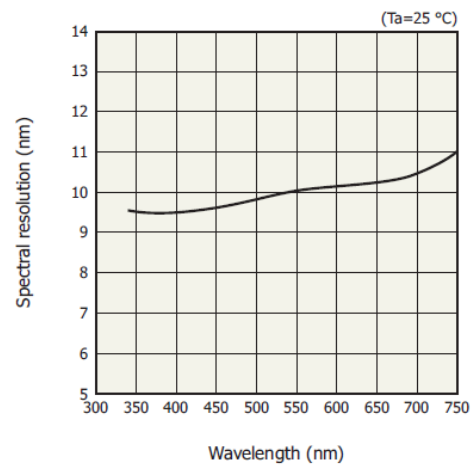
Q2.4 Commenter brièvement les résultats de Q2.3.

Q2.5 On éclaire la fente d'entrée avec un laser vert à 532 nm. Quel est l'angle α_v de la lumière diffractée à l'ordre 1? Quel est le n° du pixel central pour le signal vert détecté?

▣ Spectral response (measurement example)



▣ Spectral resolution vs. wavelength (measurement example)



Plus difficile :

La fin de l'exercice a pour but d'estimer la résolution spectrale pour un pixel dont la largeur spécifiée est $\Delta x = l_{PX} = 12.5 \mu\text{m}$.

La formule de la dispersion pour la longueur d'onde mesurée λ_0 est $Di = \frac{\Delta\alpha}{\Delta\lambda_0} = \frac{k n_R}{\cos\alpha} \times \frac{1}{n_P}$ (elle est adaptée à la situation : remarquer la présence de la correction par $1/n_P$).

Q2.6 Obtenir la relation entre Δx et $\Delta\alpha$ en différentiant la formule obtenue à la question Q2.1 (rappel : la dérivée de $\tan \alpha$ est $1/\cos^2 \alpha$).

Q2.7 En déduire l'expression de $\Delta\lambda_0$ en fonction de Δx , $\cos \alpha$, D , k , n_P et n_R .

Q2.8 Faire l'application numérique pour le pixel central de la raie verte mesurée à la question précédente Q2.5.

Q2.9 Estimer la résolution réelle spécifiée par le constructeur pour 532 nm.

Identifier la ou les cause(s) de cette perte de résolution qui n'ont pas été prises en compte dans cette analyse.

Préparation d'un devoir surveillé S3

matière : Optique	date : 13/11/14	durée du DS : 1h30
<p>Connaissance et utilisation des principales notions introduites en Cours-TD. Par exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Représentation d'une onde, paramètres caractéristiques, longueur et durée de cohérence, flux mesuré, réfléchi, transmis. - Conditions d'interférences, éclairage en fonction de la différence de marche, conditions d'observations de franges d'interférences (rectilignes, circulaires), exemples de calculs classiques (interfrange, rayons etc.) - Applications des formules de diffraction par un trou rectangulaire ou circulaire. Limite de résolution. Théorème de Babinet. - Interférences des fentes d'Young. - Applications de la formules des réseaux plans, convention de signe, déviation, dispersion, minimum de déviation, pouvoir de résolution. - Interférences d'une lame mince à faces parallèles, couches antireflets, utilisation de la fonction d'intensité d'une cavité de Fabry-Pérot (démonstration exclue), caractérisation des modes. Exemples d'application. 		
<p>Documents autorisés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 feuille A4 recto manuscrite (pas de photocopie !) - votre fiche du DS1 	<p>Matériels autorisés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Calculatrice autorisée, mode d'emploi - Règle, équerre, rapporteur, compas... 	

Date d'affichage : vendredi 17 octobre 2013

B. Velay