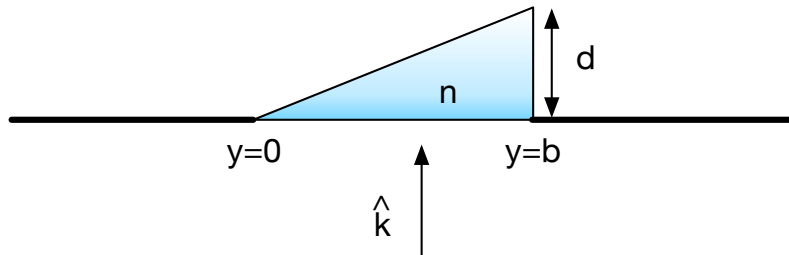


# Devoir Diffraction

## 1. Diffraction

- 1.1. Trouvez l'angle minimale (critère de Rayleigh) entre deux structures qui peuvent être résolues par le télescope de Keck à Hawaii qui a une diamètre de 10 m et une distance focale de 17.5 m. Expliquez votre choix de longueur d'onde.
- 1.2. Trouvez la distance minimale détectable (critère de Rayleigh) entre deux petites molécules qui sont excitées par de la lumière bleue à 488 nm dans un objectif de microscope ayant une ouverture numérique de  $NA = 1.2$  et un grossissement de 60X. Supposez que seule la diffraction limite la résolution. Notez: l'ouverture numérique est donnée par le demi-angle maximal d'acceptance d'une lentille (voir p.39 des notes d'étude).
- 1.3. Une lentille de distance focal  $f = 1$  cm possède un diamètre utile de  $D = 1$  cm. Vous l'utilisez pour illuminer des objets qui se trouvent au plan focal de la lentille avec un laser de  $\lambda = 633$  nm.
  - a) Quelle est la dimension de la tache au point focal si une onde plane est incidente sur la lentille et que l'on définit la largeur comme:
    1. la largeur à mi-hauteur en irradiance,
    2. la largeur à mi-hauteur en champ électrique,
    3. la distance entre les positions des deux premiers zéros d'irradiance au plan focal.
  - b) Si votre faisceau incident n'est pas une onde plane, mais plutôt un disque de 5 mm de diamètre sur la lentille. Quelle sera la dimension de la tache au point focal ? Sera-t-elle plus grande ou plus petite que la tache originale?
- 1.4. Une onde plane en direction  $\hat{z}$  est incidente sur un masque de phase d'indice de réfraction  $n$  et de largeur  $b$ , en forme de prisme rectangulaire d'épaisseur nulle à  $y=0$  et d'épaisseur  $d$  à  $y = b$ , et bloque la lumière à l'extérieur de la fente. L'onde subit donc un changement de phase  $knd(y/b)$  dans le prisme allant de 0 à  $knd$  le long de la fente, avec  $k \equiv \omega/c$  et  $c$  la vitesse dans le vide. Le chemin optique total sur la distance  $d$  combinant la propagation dans le prisme et la propagation dans l'air sera donc:

$$k [nd(y/b) + (d - d(y/b))] = k [(n - 1)yd/b + d]$$



- Écrivez l'équation de diffraction de Fraunhofer décrivant la diffraction dans le champ lointain de cette situation.
- Solutionnez en utilisant les propriétés des transformés de Fourier.
- Obtenez l'angle où l'intensité sera maximum et comparez avec l'optique géométrique et la loi de Snell.
- Si vous construisez une structure périodique en répétant ce prisme à chaque distance  $a$ , quelle doit être la séparation entre les répétitions pour que la majorité de la puissance se retrouve dans le premier ordre de diffraction?

1.5. Une variation en **amplitude** sinusoïdale de période  $\Lambda$  est imprimée sur un transparent. Calculez le champ électrique diffracté si une onde plane est normalement incidente.

## 2. Faisceaux gaussiens

- Vous avez un système de deux lentilles (infiniment larges) composé de deux lentilles de distances focales  $f_1$  et  $f_2$  (avec  $f_2/f_1=3$ ) et séparées par la somme de leurs distances focales. On s'intéresse au faisceau d'un point focal à l'autre,

c'est donc un système 4f. Un faisceau laser de  $\lambda=500$  nm gaussien ayant un point d'étranglement (waist)  $w_0 = 1$  mm au plan focal de la première lentille est incident.

- Obtenez d'abord la matrice de transfert d'un point focal à l'autre.
- Obtenez ensuite le nouveau rayon complexe au point focal de la deuxième lentille en fonction du rayon complexe original?
- Quelle sera la dimension du faisceau transformé en fonction du faisceau original au point focal de la deuxième lentille après avoir traversé les deux lentilles?
- Où se trouve le point d'étranglement (i.e. le point focal) du faisceau transformé?

2.2. Une cavité laser est composée d'un miroir courbe concave de rayon de courbure 20 cm et d'un miroir plan, séparés par 42 cm. Au centre, le milieu de gain est un cristal cylindrique de Nd :YAG d'indice de réfraction  $n = 1.8$  et de longueur  $d=10$  cm. Calculez les paramètres du faisceau gaussien qui est stable dans la cavité, c'est à dire le faisceau gaussien qui est identique après un aller-retour dans la cavité.

## 3. Diffraction de Fraunhofer et réseaux

3.1. Un réseau de diffraction blazé de 5.08 cm de largeur (dimension perpendiculaire à la direction des sillons) est utilisé au premier ordre afin de résoudre avec une résolution de 0.1 nm le contenu spectral d'une source émettant autour de 1.5  $\mu\text{m}$ . Calculer l'angle de blaze dans les 2 situations suivantes :

- en configuration Littrow;
- à incidence normale