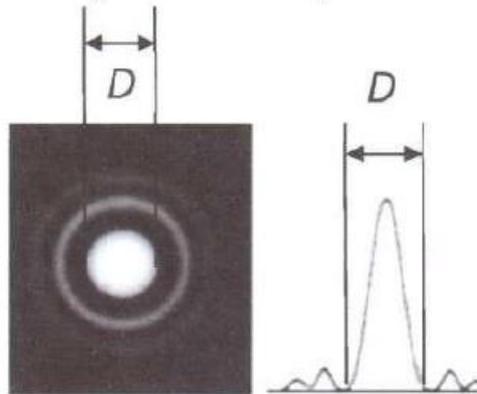


Exercice 1 : BTS 2020

2. Résolution du système

L'image d'un objet ponctuel lumineux du plan éclairé est une tache de diamètre  $D$  dépendant de l'ouverture numérique du microscope.



Deux points objets sont vus séparés si leur distance est supérieure à une certaine valeur (critère de Rayleigh). La figure 5 page suivante illustre cette condition. La résolution d'un microscope dépend de son ouverture numérique  $ON$  et de la longueur  $\lambda$  de la radiation.

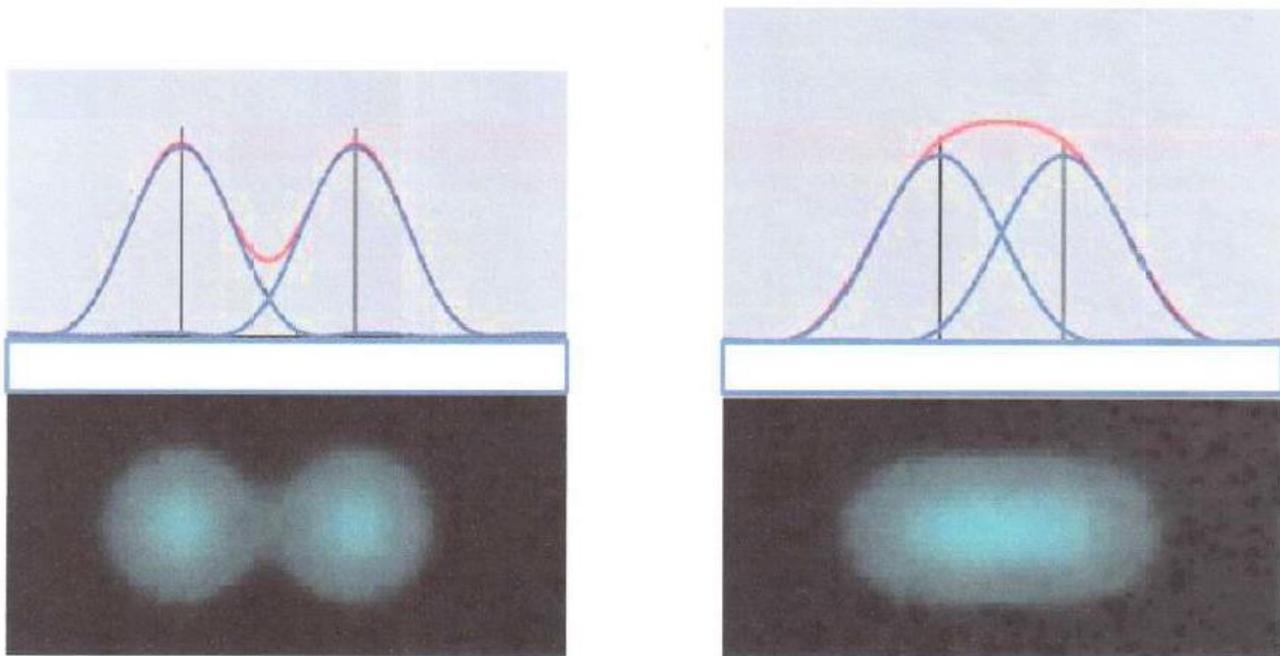


Figure 5. Deux objets ponctuels sont vus séparés sur la figure de gauche ou non séparés (non résolus) sur la figure de droite.

- 2.1.** Quel est le nom du phénomène physique mis en évidence sur la figure 5 ? Commenter les courbes représentées sur la figure 5 : que représentent-elles et quelles sont les grandeurs portées par les axes des abscisses et des ordonnées ? Pour une radiation donnée, comment peut-on diminuer le diamètre de la tâche centrale ?

Pour le microscope utilisé, la condition de résolution impose que la distance entre deux objets ponctuels soit au moins égale

$$\delta_{conf}(x, y) = \frac{1,22 \lambda}{\sqrt{2} ON}$$

- 2.2.** Que vaut la résolution spatiale moyenne  $\delta_{conf}(x, y)$  pour ce microscope à une longueur d'onde  $\lambda$  égale à 600 nm, sachant que la lentille de focalisation a une ouverture numérique  $ON$  égale à 1,4 ?

Le capteur sur lequel se forme l'image est une matrice de pixels carrés. Pour atteindre la résolution du microscope, les images de deux objets ponctuels de l'échantillon distants de  $\delta_{conf}(x, y)$  doivent se former sur deux pixels consécutifs.

- 2.3.** Compte tenu de la taille de l'échantillon (80  $\mu\text{m}$  x 80  $\mu\text{m}$ ) combien de pixels faut-il prévoir sur le capteur ?

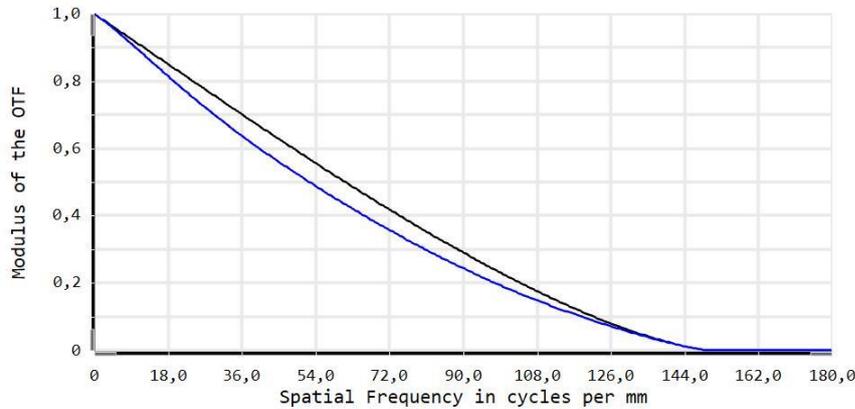
On définit ici le format de l'image par le nombre de pixels sur chaque dimension.

- 2.4.** Parmi les formats suivants, (256 x 256), (512 x 512), (1024 x 1024) ou (2048 x 2048) lequel faut-il choisir au minimum ? Quelle est la durée minimale d'acquisition d'une image sachant que chaque point est éclairé pendant une durée  $\Delta t = 100 \mu\text{s}$  ?

## Exercice 2 : Mesure de FTM

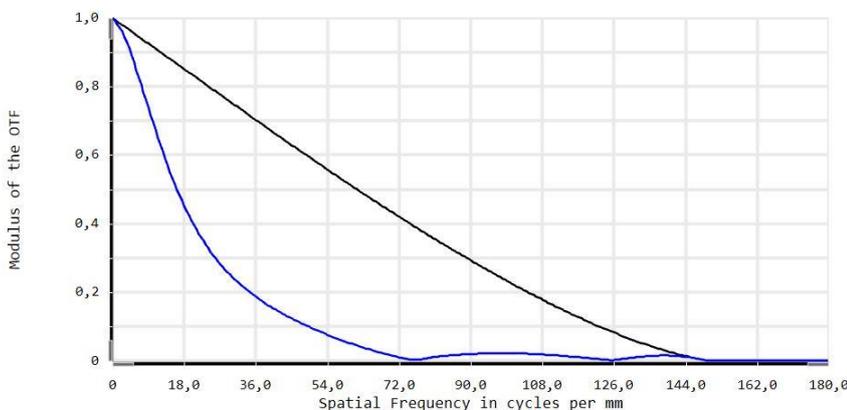
On réalise deux mesures de la fonction de transfert modulée (FTM) d'une même lentille convergente plan – convexe de distance focale  $f'=100$  mm et diamètre  $D=9,0$  mm, à la longueur d'onde  $\lambda=0,600$   $\mu\text{m}$ . La situation décrite par la FTM consiste à décrire la qualité de l'image (contraste, résolution) lorsque l'objet est à l'infini et l'image dans le plan focal image. Les courbes de FTM sont comparées, sur chaque image, à la courbe qu'on obtiendrait pour une lentille de même focale et de même diamètre limitée seulement par la diffraction, qui est le mieux qu'on puisse faire.

- Lorsque le côté convexe de la lentille est tourné vers l'objet, on obtient la courbe ci-dessous :



Polychromatic Diffraction MTF	
63479 02/12/2019 Data for 0,5876 to 0,5876 $\mu\text{m}$ . Surface: Image	Zemax Zemax OpticStudio 19.8
Legend items refer to Field positions	TEMPSTOK.ZMX Configuration 1 of 1

- Lorsque le côté plan de la lentille est tourné vers l'objet, on obtient la courbe ci-dessous :



<input checked="" type="checkbox"/> — Diff. Limit-Tangential	<input checked="" type="checkbox"/> - - - Diff. Limit-Sagittal	<input checked="" type="checkbox"/> — 0,0000 (deg)-Tangential	<input checked="" type="checkbox"/> - - - 0,0000 (deg)-Sagittal
--	--	---	---

Polychromatic Diffraction MTF	
63479 02/12/2019 Data for 0,5876 to 0,5876 $\mu\text{m}$ . Surface: Image	Zemax Zemax OpticStudio 19.8
Legend items refer to Field positions	TEMPSTOK.ZMX Configuration 1 of 1

- Indiquer dans quel cas on obtient la meilleure image. On comparera notamment la fréquence de coupure qui correspond à la première annulation de la FTM, et on indiquera quel(s) paramètre(s) permet(tent) de comparer la résolution et le contraste de l'image.
- Enoncer la règle du « plus plat, plus près » et expliquer comment elle est mise en évidence par ces courbes.

### Exercice 3 : BTS 2021

#### **PARTIE 2. Rôle du traitement de surface sur le coefficient de réflexion des optiques (6,5 points)**

Les optiques du frontofocomètre ont été traitées avec un revêtement de fluorure de magnésium. Dans cette partie, nous montrerons l'intérêt de ce traitement par rapport à des optiques non traitées, au point de vue de l'énergie transmise et de la sélection de la couleur de l'éclairage.

##### **2.1. Étude du verre sans traitement**

La plupart des optiques du système sont en BK7 dont l'indice de réfraction  $n$  vaut 1,5168 pour une longueur d'onde de 550 nm.

2.1.1. À l'aide de la relation fournie dans les ressources scientifiques, calculer le coefficient de réflexion en intensité  $R$  à cette longueur d'onde, pour une incidence nulle sur une face de BK7 non traitée.

2.1.2. Vérifier ce résultat à l'aide de l'annexe 2.

##### **2.2. Indice de la couche de fluorure de magnésium**

On souhaite augmenter la quantité de lumière qui traverse l'ensemble du système en réduisant la puissance lumineuse réfléchiée et en évitant les images parasites.

On traite alors le verre en BK7 par un dépôt d'une couche de fluorure de magnésium d'épaisseur notée  $e_p$ .

##### **2.3. Phénomène optique dû à la couche antireflet**

2.3.1. Représenter sur la figure 5 du document réponse DR2 à rendre avec la copie, les chemins optiques des rayons 1 et 2 émergents du point I jusqu'au plan (P) représenté.

On cherche à réduire la réflexion de la lumière par les dioptries des composants optiques, pour une radiation de longueur d'onde  $\lambda$  de 550 nm. L'étude est effectuée en incidence quasi nulle.

2.3.2. Indiquer le phénomène optique qui se produit entre les rayons 1 et 2. Proposer une expression littérale de la différence de marche  $\delta$  entre ces deux rayons en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$  de la radiation dans la situation où la réflexion est réduite.

2.3.3. Montrer qu'avec une couche d'épaisseur  $e_p = 100$  nm, l'absence de réflexion n'est obtenue que pour une radiation du domaine visible (on prendra un indice moyen pour la couche de fluorure de magnésium de 1,38).

2.3.4. À partir de l'annexe 2, comparer quantitativement l'efficacité des différents traitements proposés et choisir le plus approprié.

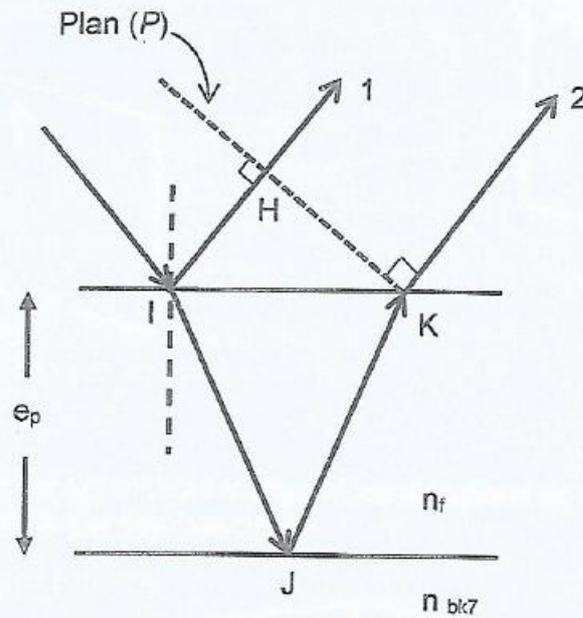
Données :

$$\text{Coefficient de réflexion en intensité : } R = \left[ \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right]^2$$

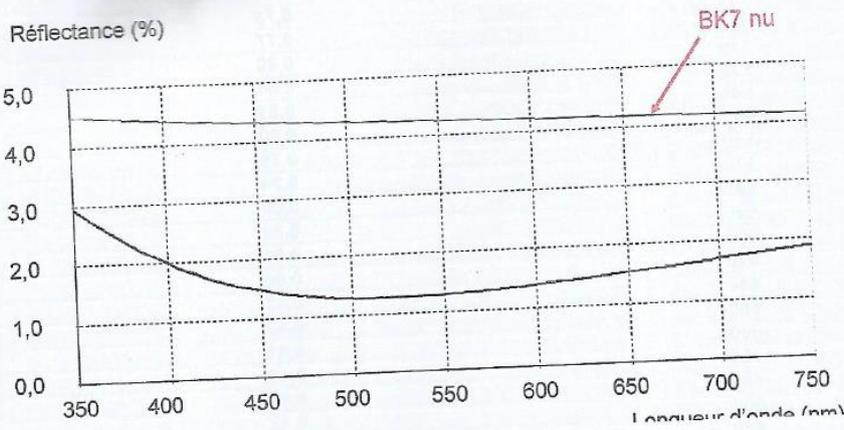
avec  $n_1$  : indice de réfraction du premier milieu  
 $n_2$  : indice de réfraction du second milieu

# DOCUMENT RÉPONSE DR2

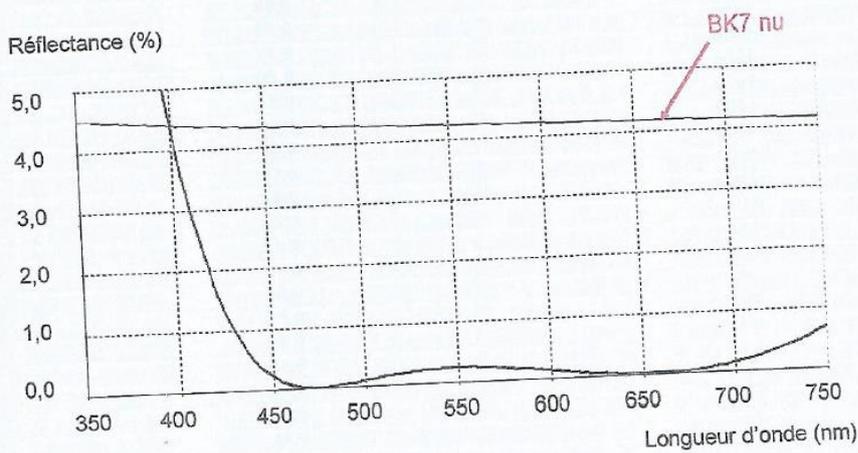
Figure 5



1 couche : MgF2 (96nm) sur BK7  
 Design : L (@532 nm)



3 couches : MgF2 (99nm) / HfO2 (133nm) / Al2O3 (85nm) / BK7  
 Design : M.2H.L (@550nm)



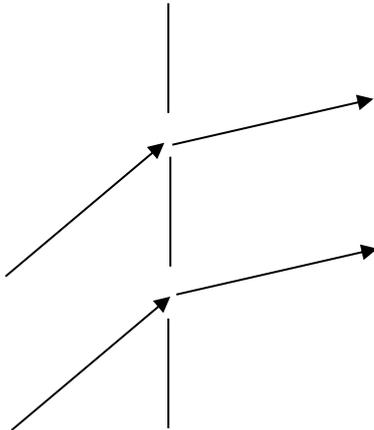
#### Exercice 4 : Spectroscopie à réseau

On réalise le spectre d'une lampe à mercure sur un capteur CCD linéaire à l'aide d'un spectroscopie. Ce dernier est constitué d'une fente d'entrée, d'une lentille  $L_1$  de focale  $f'_1 = 500$  mm qui permet d'éclairer un réseau par un faisceau parallèle en incidence normale, du réseau par transmission, et d'une lentille  $L_2$  de projection de focale  $f'_2 = 500$  mm.

Le réseau contient 100 traits par mm et travaille à l'ordre 2. Sa largeur est de 2 cm.

- 1) Comment faut-il placer  $L_1$  par rapport à la fente d'entrée ? Quelle méthode pratique permet de le faire ?
- 2) Où faut-il placer le capteur CCD par rapport à  $L_2$  ?
- 3) Sur le schéma ci-dessous, on a représenté deux fentes consécutives du réseau, ainsi que les rayons incidents et diffractés correspondants.

Représenter l'angle d'incidence  $i$  et l'angle de diffraction  $i'$ , ainsi que le pas  $a$  du réseau.



- 4) On cherche à savoir si ce spectromètre permet de séparer le doublet jaune du mercure. Il faut d'abord vérifier que le réseau le permet. Déterminer le plus petit écart en longueur d'onde séparable par le réseau autour du doublet jaune du mercure ( $\lambda \approx 578$  nm). Les deux longueurs d'onde du doublet sont  $\lambda_1=577$  nm et  $\lambda_2=579$  nm : leur écart est-il résolu par le réseau ?
- 5) La largeur de la fente d'entrée est de  $50 \mu\text{m}$ . Le grandissement par l'ensemble des deux lentilles est  $f'_2/f'_1$ . En déduire la largeur d'une raie monochromatique sur le capteur CCD.
- 6) Pour savoir si le spectroscopie peut résoudre le doublet du mercure, il faut comparer cette largeur à l'écart entre les deux longueurs d'onde du doublet sur le capteur : déterminer  $i'$  pour chacune des longueurs d'onde du doublet et en déduire la distance en mm entre les deux raies. On exprimera les valeurs numériques des angles  $i'$  avec 4 chiffres significatifs.
- 7) Conclure sur la résolution de ce doublet par le spectroscopie en comparant les résultats des questions 5) et 6).

#### Ressources scientifiques

Formule fondamentale des réseaux par transmission :  $a(\sin(i')-\sin(i))=p\lambda$  avec  $p$  entier.

Pouvoir séparateur d'un réseau :  $\lambda/\Delta\lambda = pN$ , où  $p$  est l'ordre de diffraction et  $N$  le nombre total de traits.