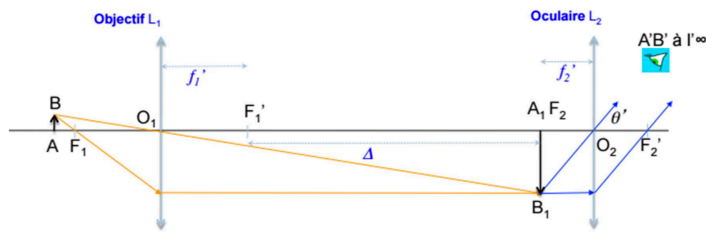


Optique géométrique et ondulatoire



I- Le microscope

Microscope : • système de 2 lentilles convergentes, l'**objectif** et l'**oculaire**.
• réduit la limite de résolution de l'œil (plus que la loupe)



L'objectif : lentille du côté de l'objet, sa focale f_1' est petite, son rôle est de grossir l'image de l'objet pour former une image intermédiaire réelle et inversée.

L'oculaire : transforme l'image intermédiaire en image définitive plus grande.

Le microscope est caractérisé par ses distances focales f_1' et f_2' et par l'intervalle optique Δ

$$\Delta = F_1'F_2 \gg f_1'$$

Fonctionnement : +++

• AB doit être très proche de F_1

• A_1B_1 doit se situer exactement au niveau du foyer objet de l'oculaire

L'oculaire renvoie une image agrandie de A_1B_1 à l'infini, on peut donc regarder sans accommodation.

$$G = \frac{\Delta \cdot |P_p|}{f_1' \cdot f_2'}$$

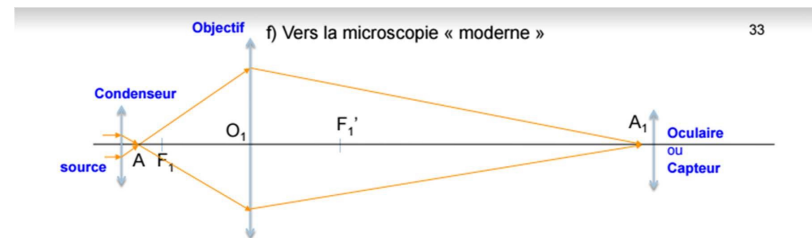
Petit + : G correspond au
grossissement de l'objectif
multiplié par celui de l'oculaire

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

II- Vers la microscopie moderne

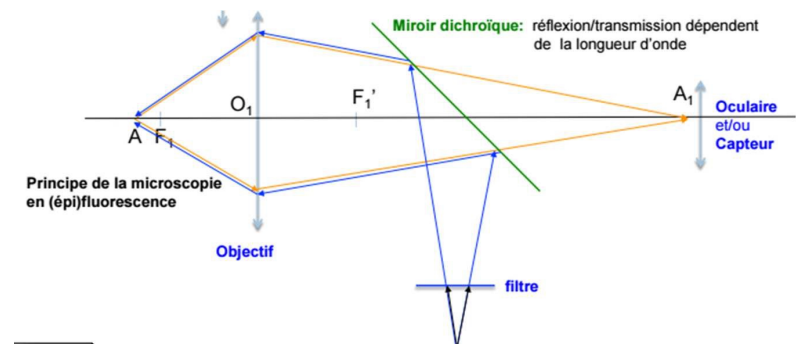
Microscopie traditionnelle :

- Objet éclairé par **transparence**
- Echantillons très fins, observés par transmission : l'éclairage arrive de dessous et est perçu par un condensateur
- Limite : ne permet pas d'observer l'échantillon en profondeur
- Solution : la **fluorescence**, qui permet une meilleure résolution



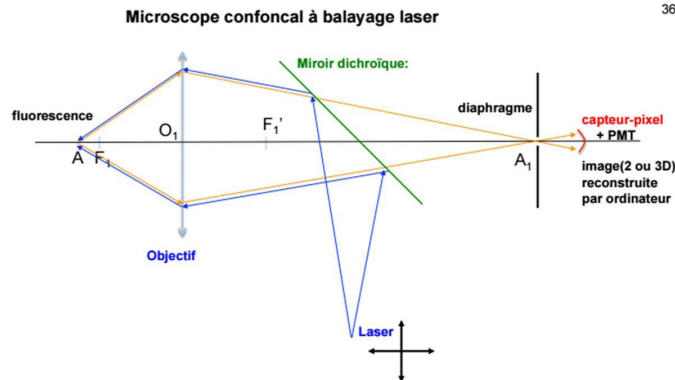
La microscopie en épi fluorescence :

- Objet observé en **réflexion**
- Source intense
- Limite : la lumière qui éclaire l'objet nous gêne
- Fonctionnement : Un premier filtre sélectionne les longueurs d'ondes qui sont ensuite focalisées par un miroir dichroïque sur l'échantillon. La lumière excite certaines molécules fluorophores de l'échantillon.



Microscopie confocale à balayage laser :

- La source est un laser. Elle est donc plus intense, **monochromatique** et rend la reconstruction 3D possible (résolution meilleure).
- Balayage laser : l'imagerie se fait par un balayage laser transverse et longitudinal par rapport à l'échantillon.
- Confocal : utilisation d'un diaphragme.
- Fonctionnement : Au point conjugué de l'objet A_1 on place un diaphragme qui laisse passer la fluorescence d'un point unique de l'échantillon. On ne repère que ce qui vient d'une certaine profondeur (un ordi assemble le tout et donne une image 3D).

**III- Les limites des systèmes optiques simples**

La lumière est une onde donc quand les objets sont de même ordre de grandeur que la longueur d'onde de la lumière des phénomènes ondulatoires apparaissent : diffraction, interférences.

Lorsque la dimension de l'objet est inférieure à $1 \mu m$ les détails ne sont plus résolus quel que soit le grossissement du microscope.

Les phénomènes ondulatoires limitent le pouvoir de résolution des microscopes.

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

IV- Interférences

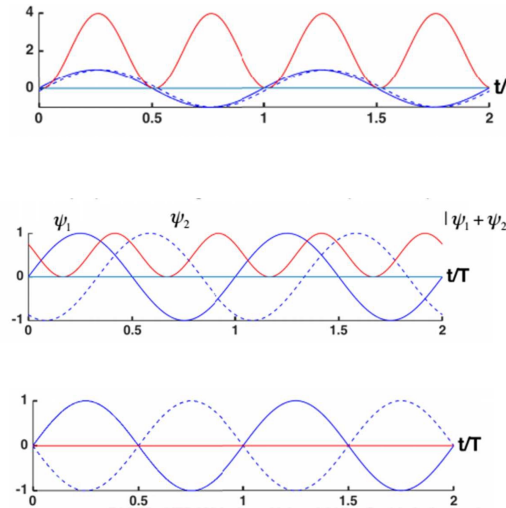
Définition : les interférences correspondent à l'intensité lumineuse moyenne issue d'une superposition d'ondes lumineuses.

Cas général : Les 2 sinusoïdes ψ_1 et ψ_2 sont décalées. La superposition des 2 modifie le carré de l'amplitude ce qui modifie l'intensité.

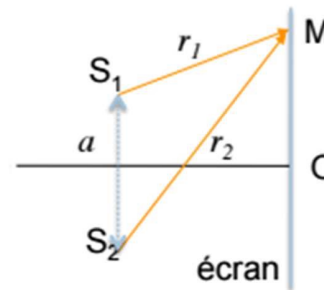
Ondes en phase : maxima et minima alignés
-> interférences constructives.
L'onde résultante est plus intense.

Ondes en opposition de phase :

maxima et minima inversés
-> interférences destructives
L'onde résultante a une intensité moyenne nulle.

Interférences à deux sources :

- **Conditions :** ondes monochromatiques et sources d'ondes cohérentes.
- **Fentes d'Young :** montage qui permet d'obtenir des interférences à partir d'une seule source. L'onde reçue en M correspond à la superposition de S_1 et S_2 qui arrivent avec un décalage, on a donc une différence de phase entre ces deux ondes.



La différence de marche est : $\delta = r_2 - r_1$

Si $\delta = k \cdot \lambda$ on a des interférences constructives

Si $\delta = (k + \frac{1}{2}) \cdot \lambda$ on a des interférences destructives

Sur un écran on observe une alternance de franges brillantes et sombres.

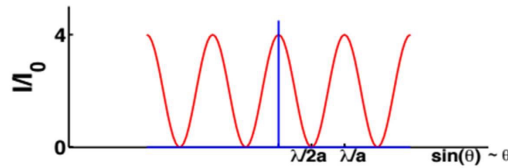
- Si on considère un écran très éloigné de la source : $\delta = a \cdot \sin \theta$

Et si l'angle est petit : $\delta = a \cdot \theta$

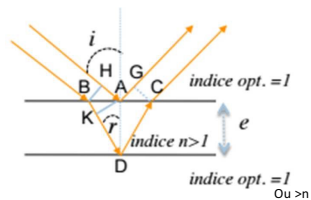
- L'intervalle angulaire (angle entre 2 pics) :

$$\Delta \theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{i}{D}$$

- Interfrange : $i = \frac{\lambda \cdot D}{a}$



Interférences dans des lames minces :



On considère un milieu transparent délimité par deux dioptries. En éclairant on observe des franges dues aux interférences entre la lumière réfléchi et celle réfractée en C.

$n_1 = n_2$	$n_2 > n$
$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$	$\delta = 2ne$

n : indice optique du milieu entre les 2 dioptries
e : épaisseur de la lame

Couche anti-reflet :

Dans un instrument optique environ 44% de l'énergie lumineuse est réfléchi (perte de luminosité) donc pour réduire cette réflexion on applique une couche anti-reflet.

Il nous faut des interférences destructives : $\delta = 2ne = \left(k + \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda$

Alors : $e = \frac{\lambda}{4n}$

Irisation de la bulle de savon :

Condition d'interférences constructives (même raisonnement).

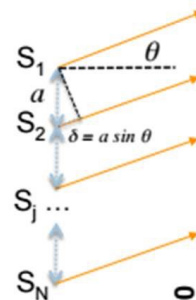
Alors : $e = \frac{\lambda}{2n}$

Interférences à N sources :

Les maxima d'intensité se situent dans les directions telles que : $\theta = k \cdot \frac{\lambda}{a}$

Et $\Delta \theta = \frac{\lambda}{N \cdot a}$

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.



V- Diffraction

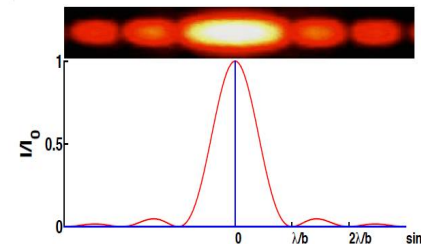
Définition :

- Phénomène qui se produit lorsque des ondes rencontrent des obstacles ou ouverture avec des dimensions de même grandeur que λ .
- La diffraction dépend de la taille de l'ouverture.

Principe de Huygens-Fresnel :

Lorsque les ondes traversent une ouverture leur direction est modifiée (diffraction) ce qui forme de nouvelles ondes (concentriques) qui vont interférer entre elles.

Diffraction par une seule fente :



- Positions des minima :

$$\theta = k \cdot \frac{\lambda}{b}$$

- Largeur angulaire de la tache centrale :

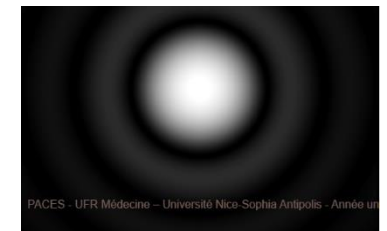
$$\Delta \theta = 2 \cdot \frac{\lambda}{b} = \frac{L}{D}$$

L : largeur de la tache centrale
D : distance fente écran

Diffraction par une fente circulaire :

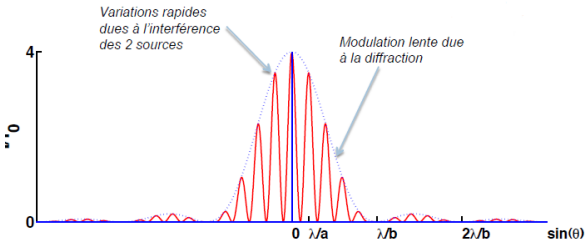
- La tâche d'Airy (tâche centrale) a une demi-largeur angulaire :

Dans le vide	Autre que le vide
$\theta = 0,61 \cdot \frac{\lambda}{r}$	$\theta = 0,61 \cdot \frac{\lambda}{n \cdot r}$



Diffraction par 2 fentes :

Les phénomènes de diffraction et interférences sont combinés. Chacun diffracte l'onde incidente et les deux ondes diffractées interfèrent.



- Un phénomène varie **rapidement** en fonction de l'intervalle angulaire $\frac{\lambda}{a}$: interférence
- Un phénomène varie **lentement** caractérisée par une dimension angulaire $\frac{\lambda}{b}$: diffraction

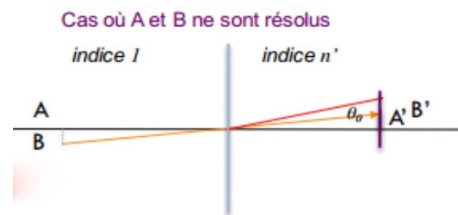
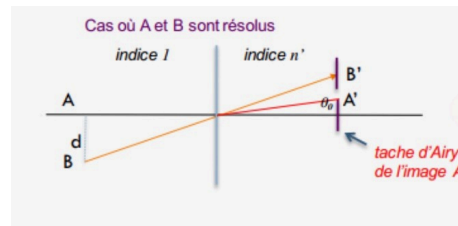
V- Pouvoir de résolution optique

Pouvoir de résolution des instruments optiques :

Soit 2 points lumineux qui envoient des rayons à travers l'ouverture d'un microscope, On verra alors 2 tâches d'Airy d'extension θ (car l'ouverture est en général circulaire). Pour pouvoir voir l'image il ne faut pas que les tâches d'Airy se chevauchent.

Critères de Rayleigh :

Les objets A et B sont résolus si la position du maximum d'intensité de l'objet B' tombe au plus près du maximum d'intensité de l'image A'.



La distance angulaire entre les 2 tâches vaut (au minimum) $\theta = 0,61 \cdot \frac{\lambda}{n.r}$

Pouvoir séparateur :

$$d_{min} = 0,61 \cdot \frac{\lambda.D}{n.r}$$

$$d_{min} = 0,61 \cdot \frac{\lambda}{NA}$$

Il doit être le **plus petit** possible pour avoir une meilleure résolution

Pouvoir de résolution de l'œil :

- aussi limité par la diffraction
- $\theta = 0,15mr$
- acuité visuelle de 10/10 si $\theta_0 = 0,3mr$

Et c'est fini pour l'optique ! C'est pas le cours le plus dur, c'est peut-être même le plus sympa, à voir ... Faudrait faire un sondage (osef en faite) ! J'espère cette fiche vous fera aimer la physique (l'espoir fait vivre non ?). En tout cas elle est complète et assez courte (ce qui n'est pas mal si vous voulez aller vite dessus).

Bon courage à vous, on ne lâche rien ! Poutoux de la physique ♥

Difficulté +++

Rentabilité ++++

Nbr de QCMs \cong 2

Ps : désolé si y'a des fautes d'orthographe