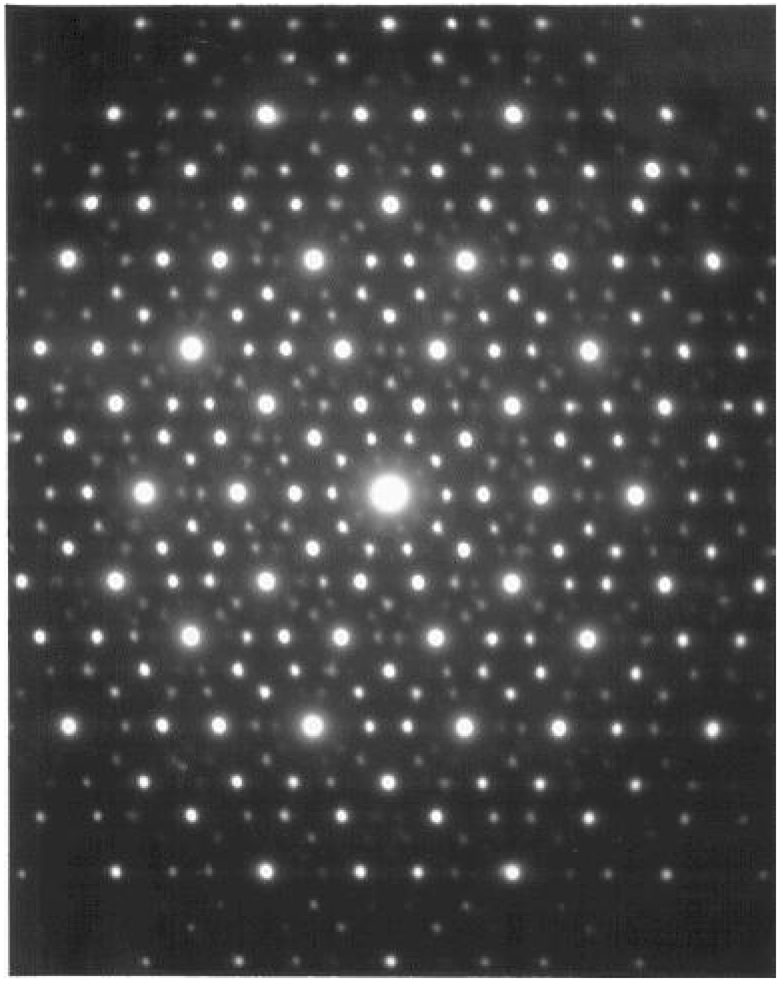
Optique ondulatoire 2: Diffraction



Optique ondulatoire 2: Diffraction

Optique ondulatoire 2: Diffraction

1. Principe de Huygens Fresnel

Optique ondulatoire 2: Diffraction

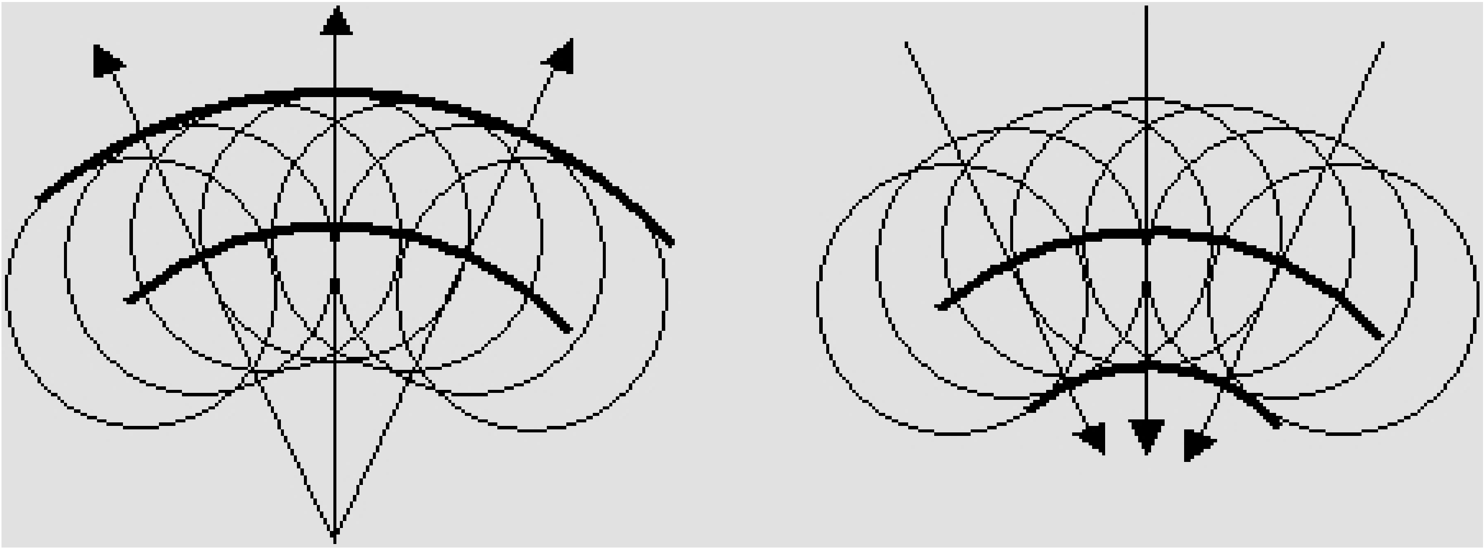
1. Principe de Huygens Fresnel

Tous les points d'une surface Σ soumis à un rayonnement incident réémettent ce rayonnement de manière cohérente dans toutes les directions

Optique ondulatoire 2: Diffraction

1. Principe de Huygens Fresnel

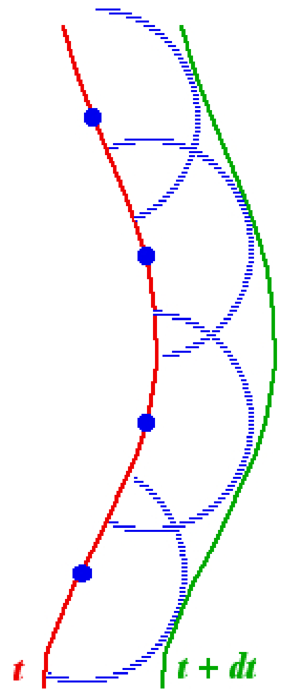
Tous les points d'une surface Σ soumis à un rayonnement incident réémettent ce rayonnement de manière cohérente dans toutes les directions



Optique ondulatoire 2: Diffraction

1. Principe de Huygens Fresnel

Tous les points d'une surface Σ soumis à un rayonnement incident réémettent ce rayonnement de manière cohérente dans toutes les directions



Optique ondulatoire 2: Diffraction

1. Principe de Huygens Fresnel

Tous les points d'une surface Σ soumis à un rayonnement incident réémettent ce rayonnement de manière cohérente dans toutes les directions

Optique ondulatoire 2: Diffraction

1. Principe de Huygens Fresnel

Conséquence du principe de Huygens Fresnel pour une ouverture Σ dans un écran :

1. Chaque élément dS(P) réémet une onde proportionnel à l'onde reçue et à dS(p)
2. Toutes ces ondes sont cohérentes en elles (donc sommer les amplitudes complexes)

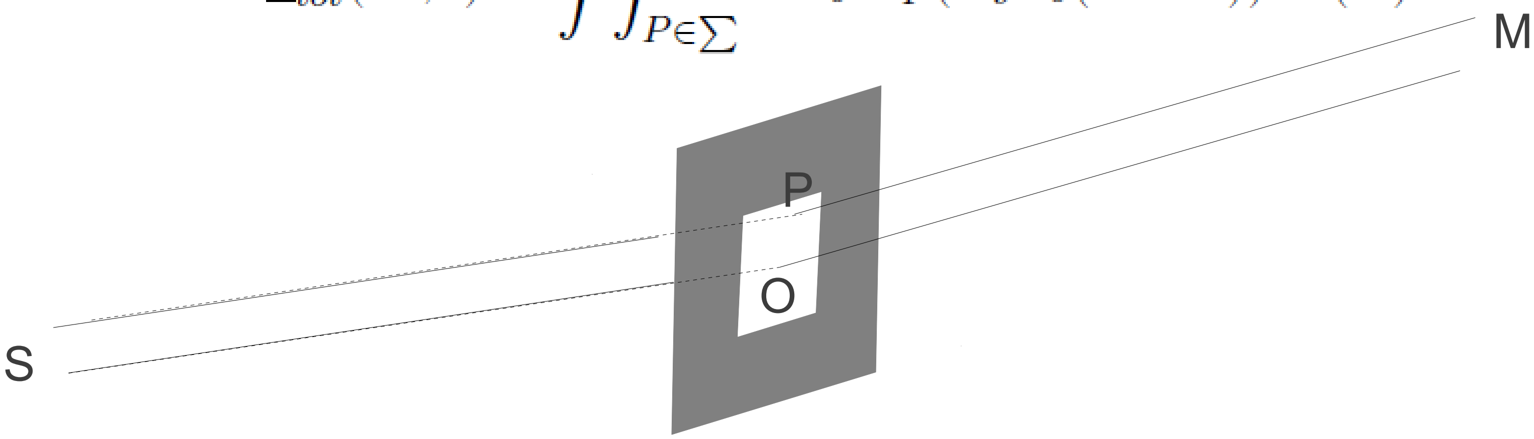
$$\underline{a}_{tot}(M,t) = \int\int_{P\in\sum} Ka_0 exp(-jk_0(SPM))d\sigma(P)$$

Optique ondulatoire 2: Diffraction

1. Principe de Huygens Fresnel

Dans les conditions de Fraunhofer, S et M sont rejetés à l'infini (ou dans le plan focal de lentille)

$$\underline{a}_{tot}(M,t) = \int\int_{P\in\sum} K a_0 exp(-jk_0(SPM)) d\sigma(P)$$



Optique ondulatoire 2: Diffraction

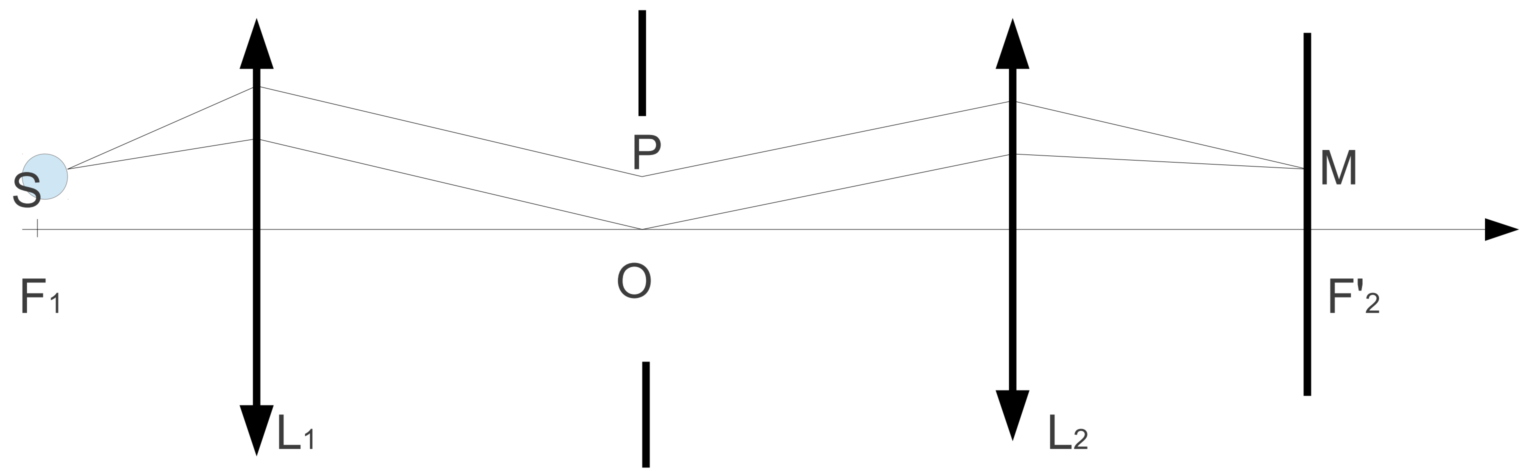
2. Eclairement diffracté par une ouverture rectangulaire

2.1. Montage expérimental d'étude de la diffraction

Optique ondulatoire 2: Diffraction

2. Eclairement diffracté par une ouverture rectangulaire

2.1. Montage expérimental d'étude de la diffraction



Optique ondulatoire 2: Diffraction

2. Eclairement diffracté par une ouverture rectangulaire

2.2. Calcul de l'éclairement diffracté

Optique ondulatoire 2: Diffraction

2. Eclairement diffracté par une ouverture rectangulaire

2.2. Calcul de l'éclairement diffracté

Etude d'une fente de largeur a : fente horizontale

$$\underline{a}_{tot}(M,t) = \int_{x_p=-a/2}^{a/2} \int_{y_P=-b/2}^{b/2} K a_0 exp(-jk_0(SPM)) dx_P.dy_P)$$

$$\underline{a}_{tot}(M,t) = exp(-jk_0(SOM)). \int_{x_p=-a/2}^{a/2} \int_{y_P=-b/2}^{b/2} K a_0 exp(-jk_0[(SPM)-(SOM)]) dx_P.dy_P)$$

$$(SPM)-(SOM) = (\vec{u}'-\vec{u}).\vec{OP} = (\alpha'-\alpha)x_P$$

Optique ondulatoire 2: Diffraction

2. Eclairement diffracté par une ouverture rectangulaire

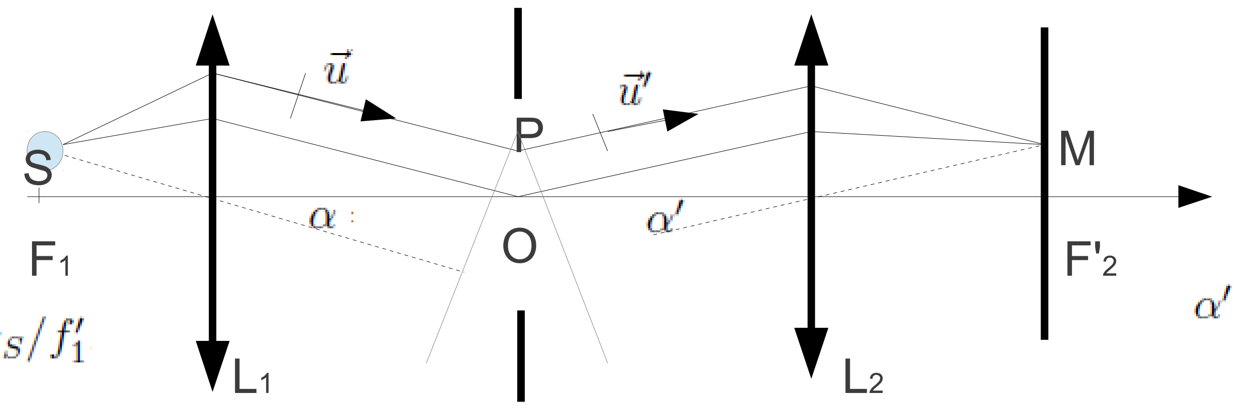
2.2. Calcul de l'éclairement diffracté

Etude d'une fente de largeur a : fente horizontale

$$\underline{a}_{tot}(M,t) = \int_{x_p=-a/2}^{a/2} \int_{y_P=-b/2}^{b/2} K a_0 exp(-jk_0(SPM)) dx_P.dy_P)$$

$$\underline{a}_{tot}(M,t) = exp(-jk_0(SOM)). \int_{x_p=-a/2}^{a/2} \int_{y_P=-b/2}^{b/2} K a_0 exp(-jk_0[(SPM)-(SOM)]) dx_P.dy_P)$$

différence de marche : $(SPM)-(SOM) = (\vec{u}' - \vec{u}).\vec{OP} = (\alpha' - \alpha) x_P$



$\alpha = -x_S/f'_1$

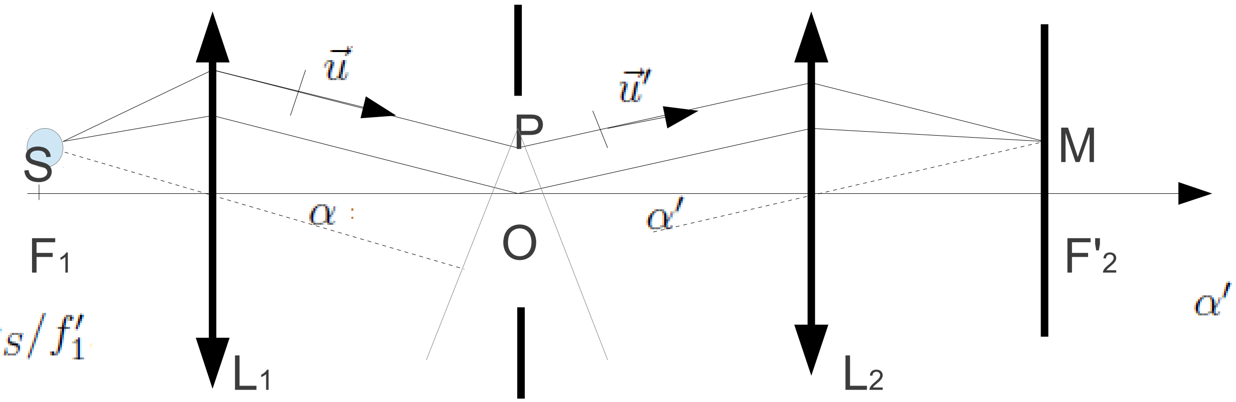
$\alpha' = x_M/f'_2$

Optique ondulatoire 2: Diffraction

2. Eclairement diffracté par une ouverture rectangulaire

2.2. Calcul de l'éclairement diffracté

Etude d'une fente de largeur a : fente horizontale



$$\underline{a}_{tot}(M,t) = exp(-jk_0(SOM)).\int_{x_P=-a/2}^{a/2} K.b.a_0 exp(-jk_0((\alpha'-\alpha)x_P)dx_P$$

$$\underline{a}_{tot}(M,t) = exp(-jk_0(SOM)).K.b.a_0\frac{exp(jk_0((\alpha'-\alpha)a/2)-exp(-jk_0((\alpha'-\alpha)a/2)}{j.k_0.(\alpha'-\alpha)}$$

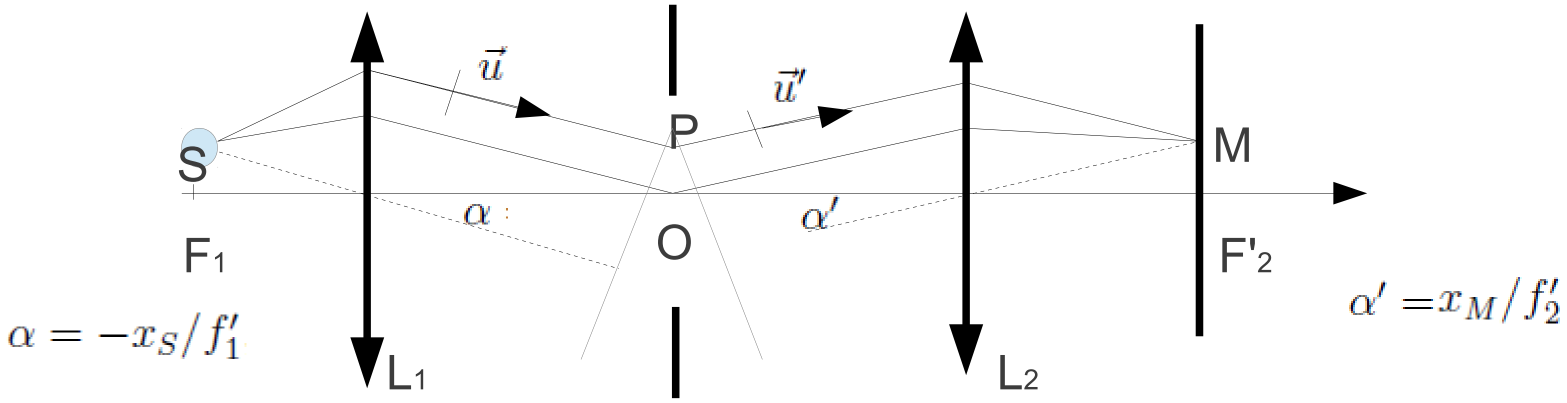
$$\underline{a}_{tot}(M,t) = K.a.b.a_0 exp(-jk_0(SOM)).sinc(k_0(\alpha'-\alpha)a/2)$$

Optique ondulatoire 2: Diffraction

2. Eclairement diffracté par une ouverture rectangulaire

2.2. Calcul de l'éclairement diffracté

Etude d'une fente de largeur a : fente horizontale



$$\underline{a}_{tot}(M,t) = K.a.b.a_0 exp(-jk_0(SOM)).sinc(k_0(\alpha' - \alpha)a/2)$$

$$\epsilon_{tot} = \epsilon_0 sinc^2(k_0(\alpha' - \alpha)a/2)$$

$$\epsilon_{tot} = \epsilon_0 sinc^2(\pi(\alpha' - \alpha)a/\lambda_0)$$

Optique ondulatoire 2: Diffraction

2. Eclairement diffracté par une ouverture rectangulaire

2.2. Calcul de l'éclairement diffracté

Etude d'une fente de largeur a : fente horizontale

$$\underline{a}_{tot}(M,t) = \int_{x_p=-a/2}^{a/2}\int_{y_P=-b/2}^{b/2} K a_0 exp(-jk_0(SPM))dx_P.dy_P)$$

$$\underline{a}_{tot}(M,t) = exp(-jk_0(SOM)).\int_{x_p=-a/2}^{a/2}\int_{y_P=-b/2}^{b/2} K a_0 exp(-jk_0[(SPM)-(SOM)])dx_P.dy_P)$$

différence de marche : $(SPM)-(SOM) = (\vec{u}'-\vec{u}).\vec{OP} = (\alpha'-\alpha)x_P$

$$\underline{a}_{tot}(M,t) = exp(-jk_0(SOM)).\int_{x_p=-a/2}^{a/2} K.b.a_0 exp(-jk_0((\alpha'-\alpha)x_P)dx_P$$

$$\underline{a}_{tot}(M,t) = exp(-jk_0(SOM)).K.b.a_0\frac{exp(jk_0((\alpha'-\alpha)a/2)-exp(-jk_0((\alpha'-\alpha)a/2)}{j.k_0.(\alpha'-\alpha)}$$

$$\underline{a}_{tot}(M,t) = K.a.b.a_0 exp(-jk_0(SOM)).sinc(k_0(\alpha'-\alpha)a/2)$$

$$\epsilon_{tot} = \epsilon_0 sinc^2(k_0(\alpha'-\alpha)a/2) = \epsilon_0 sinc^2(\pi(\alpha'-\alpha)a/\lambda_0)$$

Optique ondulatoire 2: Diffraction

2. Eclairement diffracté par une ouverture rectangulaire

2.2. Calcul de l'éclairement diffracté

Etude d'une ouverture rectangulaire de largeur a et b

$$\underline{a}_{tot}(M,t) = \int_{x_p=-a/2}^{a/2} \int_{y_P=-b/2}^{b/2} K a_0 exp(-jk_0(SPM)) dx_P.dy_P)$$

$$\underline{a}_{tot}(M,t) = exp(-jk_0(SOM)). \int_{x_p=-a/2}^{a/2} \int_{y_P=-b/2}^{b/2} K a_0 exp(-jk_0[(SPM)-(SOM)]) dx_P.dy_P)$$

différence de marche $(SPM)-(SOM) = (\vec{u}' - \vec{u}).\vec{OP} = (\alpha' - \alpha)x_P - (\beta' - \beta).y_P$

$$\underline{a}_{tot}(M,t) = Kab.a_0 exp(-jk_0(SOM)).sinc(k_0(\alpha' - \alpha)a/2).sinc(k_0(\beta' - \beta)b/2)$$

$$\epsilon_{tot} = \epsilon_0 sinc^2(k_0(\alpha' - \alpha)a/2).sinc^2(k_0(\beta' - \beta)b/2)$$

$$\epsilon_{tot} = \epsilon_0 sinc^2(\pi(\alpha' - \alpha)a/\lambda_0).sinc^2(\pi(\beta' - \beta)b/\lambda_0)$$

Optique ondulatoire 2: Diffraction

2. Eclairement diffracté par une ouverture rectangulaire

2.3. Analyse de l'éclairement diffracté

Optique ondulatoire 2: Diffraction

2. Eclairement diffracté par une ouverture rectangulaire

2.3. Analyse de l'éclairement diffracté

Pour une fente de largeur a (b>>a) fente verticale

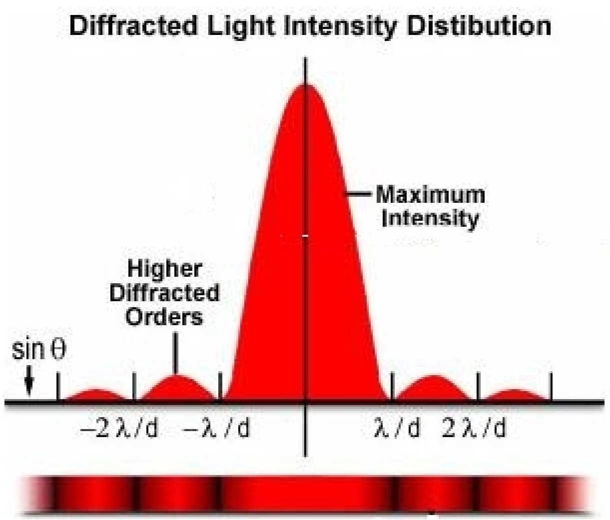
$$\epsilon_{tot} = \epsilon_0 sinc^2(\pi(\alpha' - \alpha)a/\lambda_0)$$

Etude de la fonction sinus-cardinal² :

sinc(x)=sin(x)/x

tâche centrale deux fois plus large

1ere tâche secondaire 4 % de l'éclairement de la tâche centrale



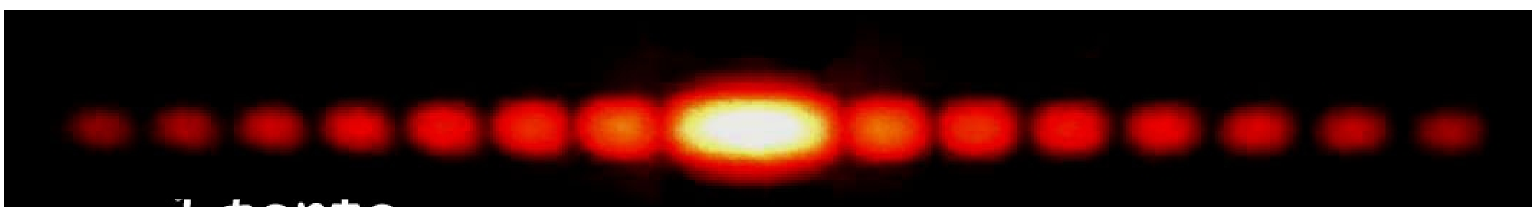
Optique ondulatoire 2: Diffraction

2. Eclairement diffracté par une ouverture rectangulaire

2.3. Analyse de l'éclairement diffracté

Pour une fente de largeur a et b>>a : fente verticale

$$\epsilon_{tot} = \epsilon_0 sinc^2(\pi(\alpha' - \alpha)a/\lambda_0)$$



Fente verticale, diffraction horizontale (direction transversale)

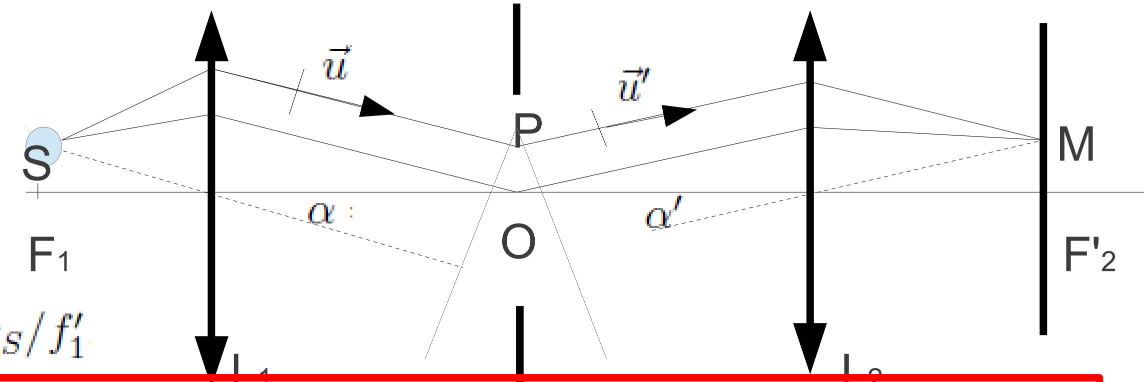
Optique ondulatoire 2: Diffraction

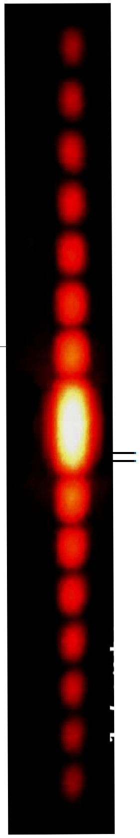
2. Eclairement diffracté par une ouverture rectangulaire

2.3. Analyse de l'éclairement diffracté

Pour une fente de largeur a et b>>a : fente verticale

$$\epsilon_{tot} = \epsilon_0 sinc^2(\pi(\alpha' - \alpha)a/\lambda_0)$$





$\alpha' = x_M/f_2'$

$\alpha = -x_S/f_1'$

Fente horizontale, diffraction verticale

Pic de diffraction centrée sur image géométrique

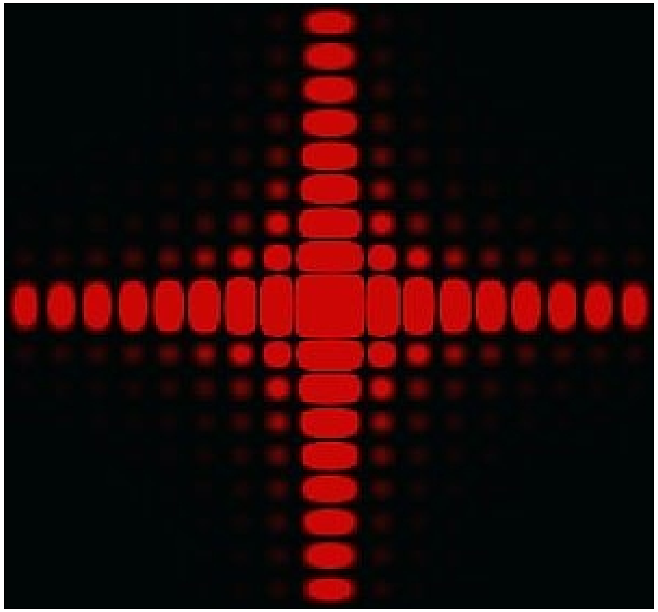
Optique ondulatoire 2: Diffraction

2. Eclairement diffracté par une ouverture rectangulaire

2.3. Analyse de l'éclairement diffracté

Pour une fente de ouverture rectangulaire a et b

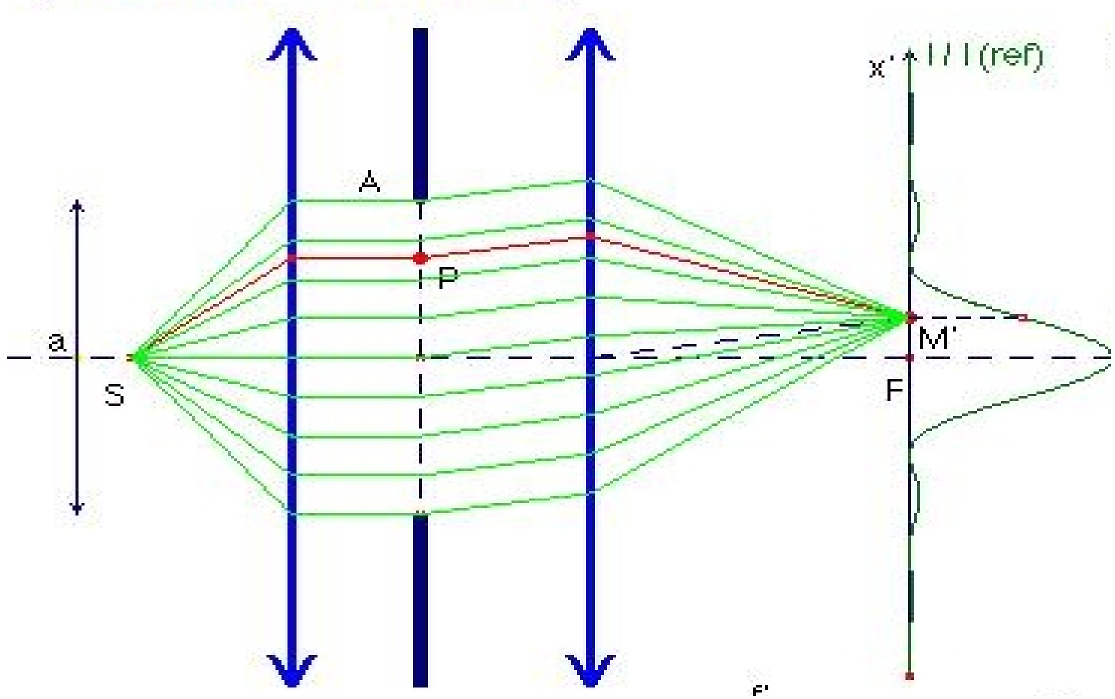
$$\epsilon_{tot} = \epsilon_0 sinc^2(\pi(\alpha' - \alpha)a/\lambda_0).sinc^2(\pi(\beta' - \beta)b/\lambda_0)$$



Optique ondulatoire 2: Diffraction

2. Eclairement diffracté par une ouverture rectangulaire

2.3. Analyse de l'éclairement diffracté



Optique ondulatoire 2: Diffraction

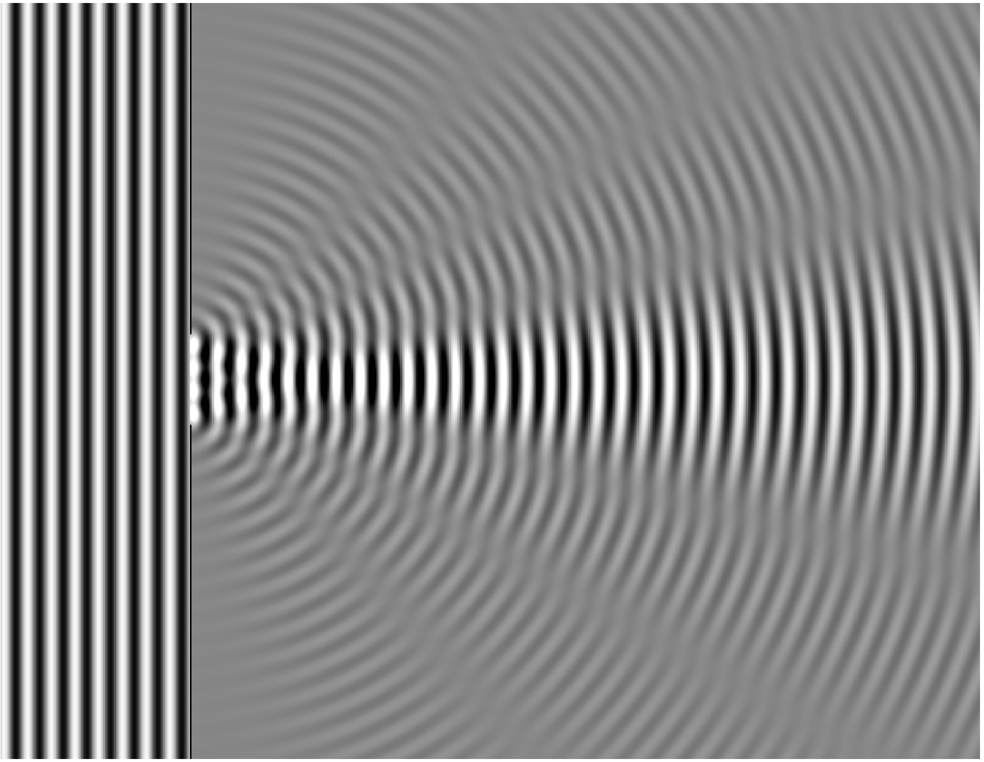
2. Eclairement diffracté par une ouverture rectangulaire

2.3. Analyse de l'éclairement diffracté

Optique ondulatoire 2: Diffraction

2. Eclairement diffracté par une ouverture rectangulaire

2.3. Analyse de l'éclairement diffracté

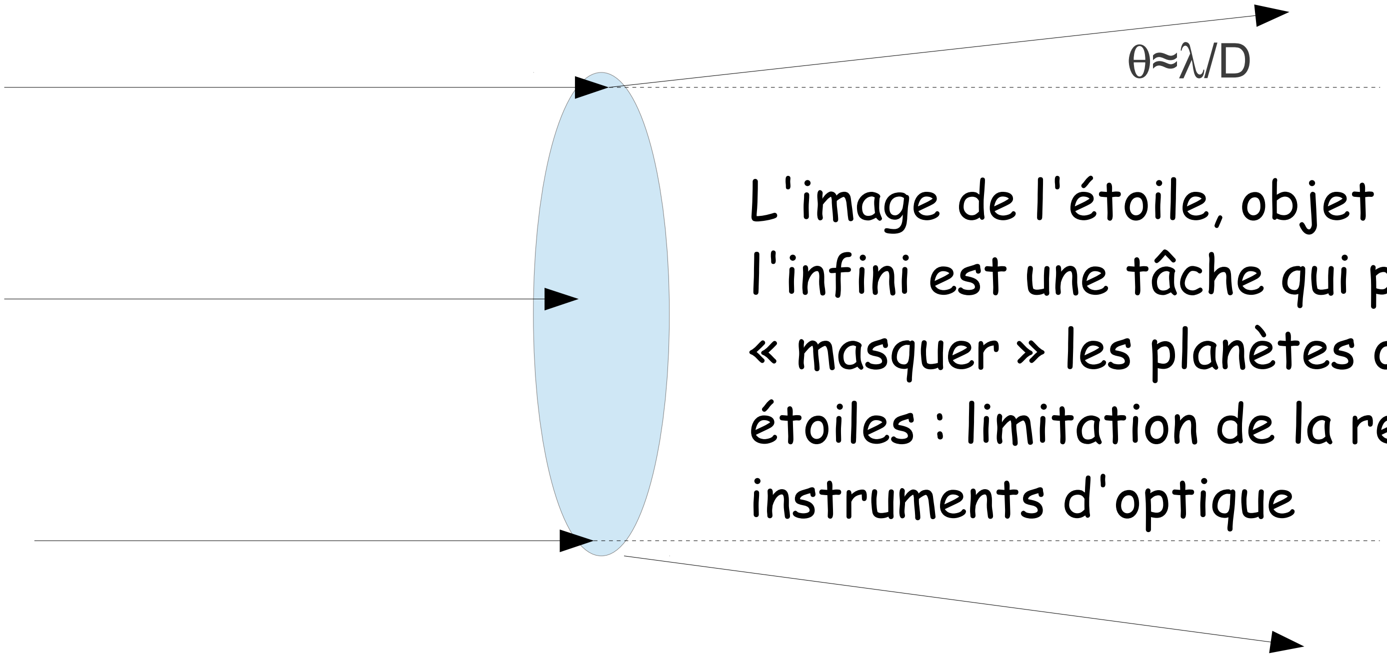


Optique ondulatoire 2: Diffraction

2. Eclairement diffracté par une ouverture rectangulaire

2.3. Analyse de l'éclairement diffracté

Influence de la diffraction sur les instruments d'optique



L'image de l'étoile, objet ponctuel à l'infini est une tâche qui peut « masquer » les planètes ou autres étoiles : limitation de la résolution des instruments d'optique

Optique ondulatoire 2: Diffraction

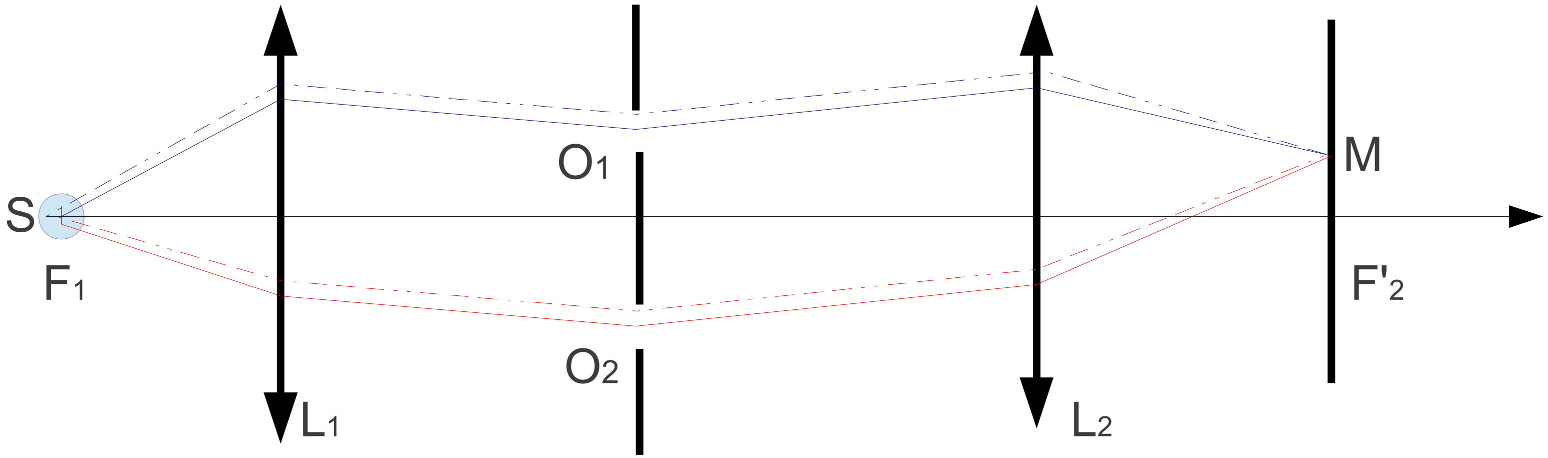
3. Interférence et diffraction

3.1. Retour sur l'expérience des fentes d'Young

Optique ondulatoire 2: Diffraction

3. Interférence et diffraction

3.1. Retour sur l'expérience des fentes d'Young



$$\underline{a}_1(M,t) = K'a.a_0 exp(-jk_0(SO_1M)).sinc(\pi(\alpha' - \alpha)e/\lambda_0)$$

$$\underline{a}_2(M,t) = K'a.a_0 exp(-jk_0(SO_2M)).sinc(\pi(\alpha' - \alpha)e/\lambda_0)$$

Ondes cohérentes $\underline{a}_{tot}(M,t) = \underline{a}_1(M,t) + \underline{a}_2(M,t)$

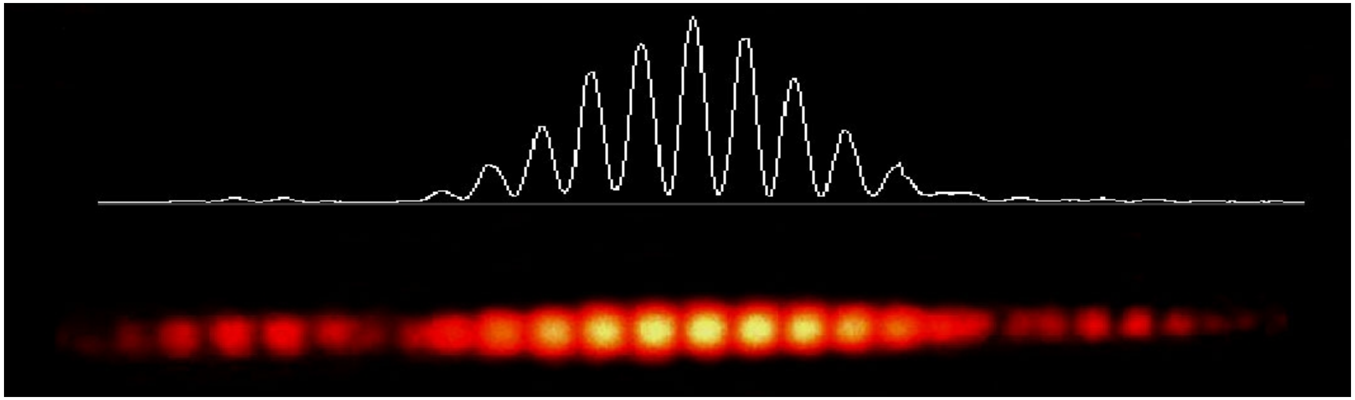
$$\epsilon_{tot} = \epsilon_0 sinc^2(\pi(\alpha' - \alpha)e/\lambda_0)(1 + \cos(2\pi(\alpha' - \alpha)a/\lambda_0)$$

Optique ondulatoire 2: Diffraction

3. Interférence et diffraction

3.1. Retour sur l'expérience des fentes d'Young

$$\epsilon_{tot} = \epsilon_0 \underbrace{sinc^2(\pi(\alpha' - \alpha)e/\lambda_0)}_{\text{Diffraction}}\underbrace{(1 + \cos(2\pi(\alpha' - \alpha)a/\lambda_0)}_{\text{Interférence}}$$



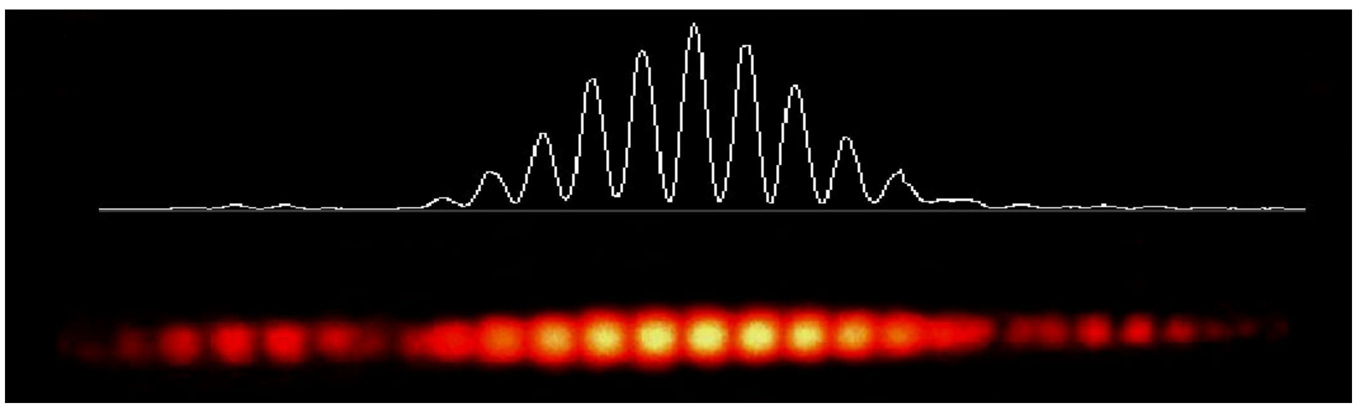
Diffraction= enveloppe, interférence=pic dans l'enveloppe

Optique ondulatoire 2: Diffraction

3. Interférence et diffraction

3.1. Retour sur l'expérience des fentes d'Young

$$\epsilon_{tot} = \epsilon_0 \underbrace{sinc^2(\pi(\alpha' - \alpha)e/\lambda_0)}_{\text{Diffraction}} \underbrace{(1 + \cos(2\pi(\alpha' - \alpha)a/\lambda_0)}_{\text{Interférence}}$$



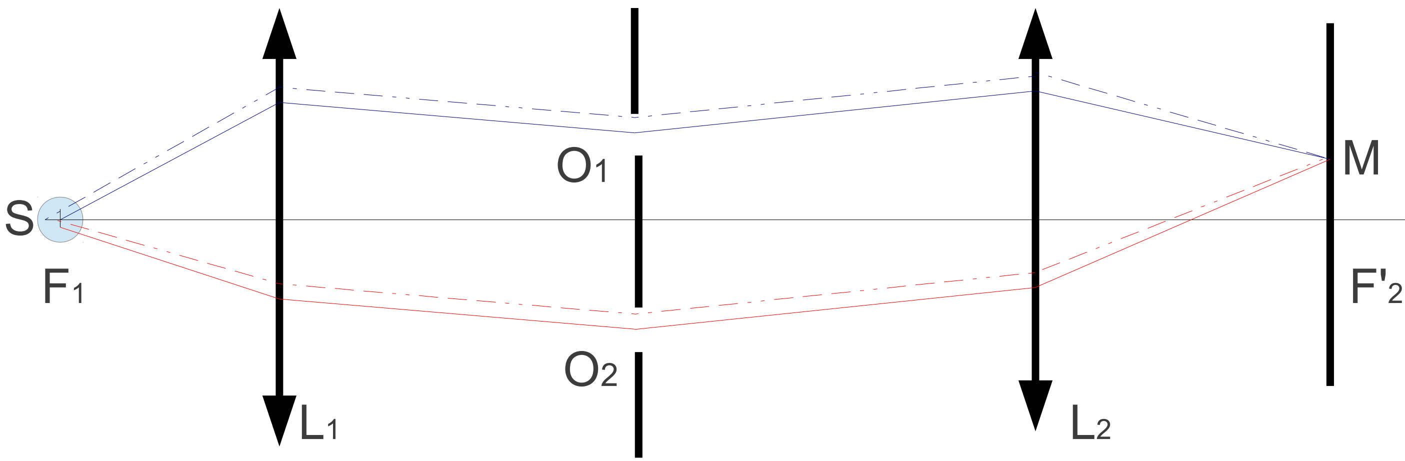
Diffraction seule (une seule fente)

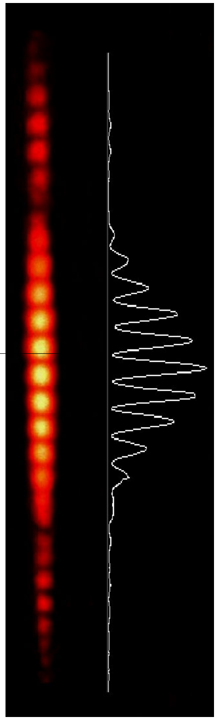
Optique ondulatoire 2: Diffraction

3. Interférence et diffraction

3.1. Retour sur l'expérience des fentes d'Young

$$\epsilon_{tot} = \epsilon_0 \underbrace{sinc^2(\pi(\alpha' - \alpha)e/\lambda_0)}_{\text{Diffraction}} \underbrace{(1 + \cos(2\pi(\alpha' - \alpha)a/\lambda_0)}_{\text{Interférence}}$$

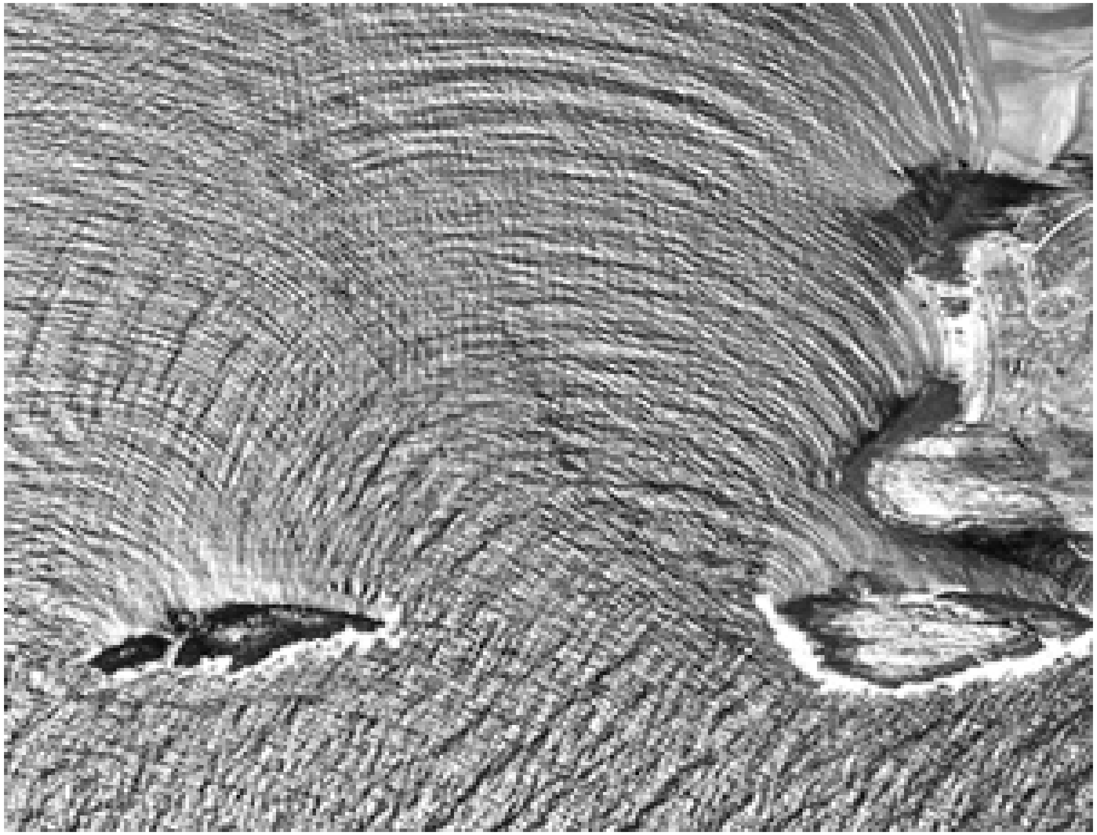




Optique ondulatoire 2: Diffraction

3. Interférence et diffraction

3.1. Retour sur l'expérience des fentes d'Young



Optique ondulatoire 2: Diffraction

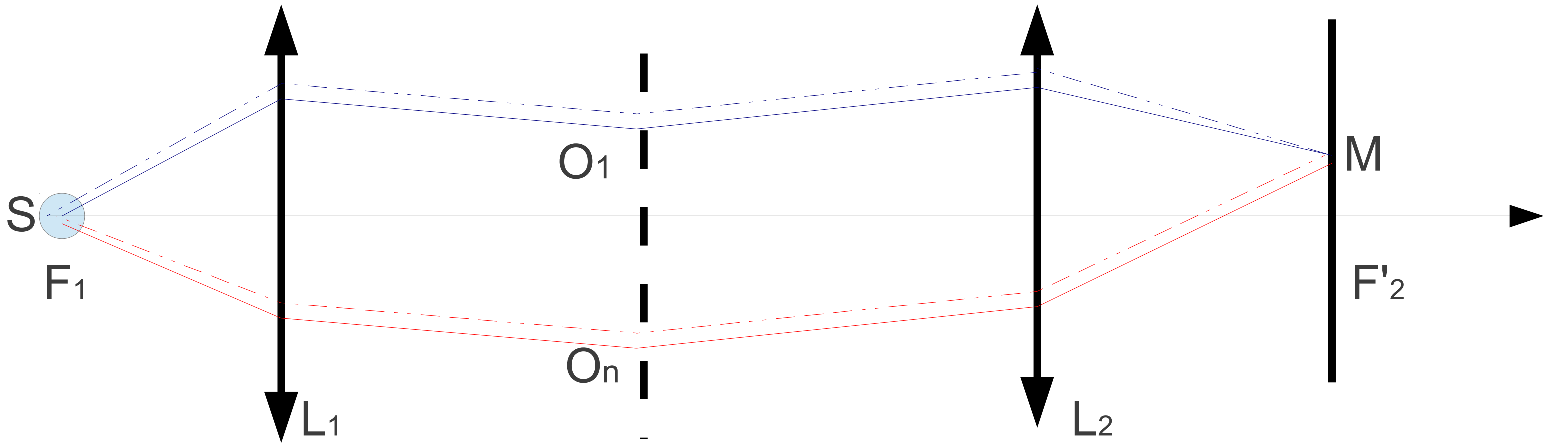
3. Interférence et diffraction

3.2. Premier éléments sur les réseaux

Optique ondulatoire 2: Diffraction

3. Interférence et diffraction

3.2. Premier éléments sur les réseaux



$$\underline{a}_n(M,t) = K'a.a_0 exp(-jk_0(SO_nM)).sinc(\pi(\alpha' - \alpha)e/\lambda_0)$$

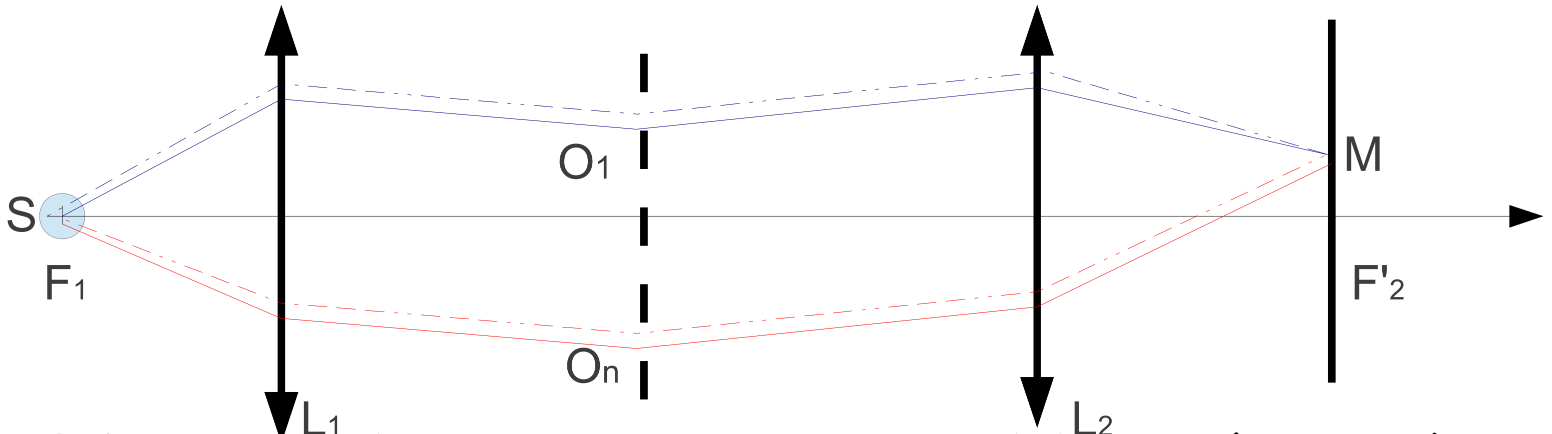
$$\underline{a}_{tot}(M,t) = \sum \underline{a}_n(M,t)$$

Eclairement=(diffraction par une fente).(interférences à N ondes)

Optique ondulatoire 2: Diffraction

3. Interférence et diffraction

3.2. Premier éléments sur les réseaux



Eclairement=(diffraction par une fente).(interférences à N ondes)

Condition d'interférence constructive :

$$\delta = (SO_nM) - (SO_{(n+1)}M) = a\sin i' - a\sin i = p\lambda_0$$

$$\boxed{\sin i' - \sin i = \frac{p\lambda_0}{a}}$$

Optique ondulatoire 2: Diffraction

3. Interférence et diffraction

3.2. Premier éléments sur les réseaux

Eclairement=(diffraction par une fente).(interférences à N ondes)

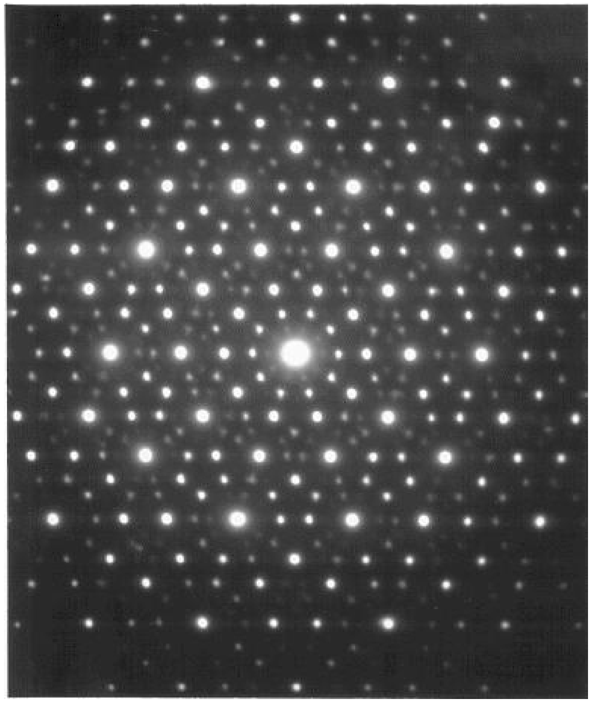
Condition d'interférence constructive : $\boxed{\sin i' - \sin i = \frac{p\lambda_0}{a}}$

Optique ondulatoire 2: Diffraction

3. Interférence et diffraction

3.2. Premier éléments sur les réseaux

Cristallographie : étude des cristaux par rayon X



Rq : Importance du motif (pour cristallographie moderne)