

TP Interférences lumineuses

CONTEXTE DU SUJET

D'Isaac Newton à Christian Huygens, les scientifiques du XVII^e siècle ont débattu sur la nature de la lumière. L'expérience historique de Thomas Young au XIX^e siècle a permis de mettre en évidence sa caractéristique ondulatoire.

Quelle condition est nécessaire pour l'obtention de figures d'interférences ?

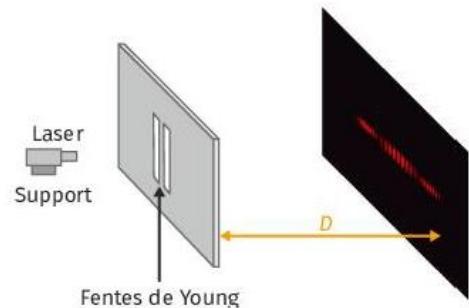


Thomas Young
(1773-1829)

DOCUMENTS MIS À DISPOSITION DU CANDIDAT :

Doc 1. Expérience de Thomas Young (1801)

L'expérience est reproductible grâce aux sources lumineuses laser. Le principe est le suivant : une onde monochromatique traverse une plaque percée de deux fentes. Lorsque les fentes sont fines, l'image observée sur l'écran est différente de l'image prédictive par l'optique géométrique, à savoir deux fentes.



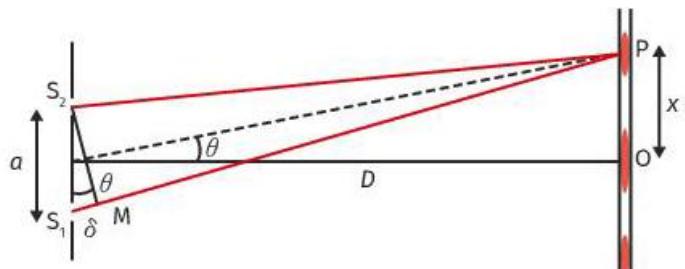
Doc 2. Différence de chemin optique

Les deux fentes se comportent comme des sources secondaires cohérentes dont les ondes lumineuses peuvent interférer. Les zones sombres correspondent à des interférences destructives, les zones brillantes à des interférences constructives : on parle de franges d'interférences. L'intensité lumineuse pour un point donné de l'écran dépend de la différence entre les chemins optiques empruntés par chaque onde lumineuse.

Si D est suffisamment grand et θ suffisamment petit :

$$\delta = S_1 P - S_2 P = \frac{a \cdot x}{D}$$

δ : Différence de chemin optique (m)
a : distance séparant le centre des deux fentes (m)
x : position du point P (m)
D : Distance entre les fentes et l'écran (m)



Doc 3. Notice du logiciel Salsa J

1. Pour lancer **SalsaJ**

- Cliquer l'icône de raccourci « SalsaJ » :



2. Quelques boutons et fonctions associées



Ouvrir un fichier image



Annuler la dernière opération



Tracer un trait



Zoom avant/arrière



Déplacement dans le cadre de l'image

3. Pour ouvrir un fichier image

- Effectuer « Fichier » puis « Ouvrir » ou cliquer sur le bouton « Ouvrir un fichier image ».
- Rechercher le fichier en se déplaçant dans l'arborescence.
- Cliquer sur le fichier désiré puis « Ouvrir ».

4. Pour étalonner l'échelle d'une image

- Tracer un trait entre deux points séparés d'une distance connue. Pour cela, cliquer sur le bouton « Tracer un trait » puis cliquer et glisser entre les deux points.
- Penser à utiliser le zoom avant (clic gauche) au préalable pour gagner en précision. Pour dézoomer faire clic droit.
- Dans la barre de menu du logiciel, cliquer « Analyse » et « Indiquer l'échelle... ».
- Compléter ou modifier les informations dans la fenêtre qui apparaît, cocher « Global » puis cliquer « OUI ».

5. Pour mesurer une distance après étalonnage

- Tracer un trait entre deux points séparés d'une distance d . Pour cela, cliquer sur le bouton « Tracer un trait » puis cliquer et glisser entre les deux points.
- La valeur s'affiche en haut et droite.

6. Pour obtenir le graphe donnant l'intensité des pixels d'une image le long d'une ligne

- Tracer un trait le long de la ligne désirée. Pour cela, cliquer sur le bouton adapté (voir tableau ci-dessus) puis cliquer et glisser entre les deux points. Penser à utiliser le zoom avant (voir tableau ci-dessus) au préalable pour gagner en précision.
 - Dans la barre de menu du logiciel, cliquer « Analyse » et « Coupe ».
 - Déplacer le pointeur sur le graphe qui apparaît pour accéder au coordonnée des points.
 - Cliquer le bouton « Liste » dans la fenêtre du graphique permet d'accéder aux coordonnées de chaque pixel de la ligne tracée.
- Remarque : la valeur de l'abscisse tient compte de l'étalonnage de l'échelle de l'image si celui-ci a été réalisé au préalable.

Matériel :

Règle

Laser

Ecran

Fentes d'Young

Banc d'optique

ordinateur

logiciel Salsa J

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Analyse des documents (30 minutes conseillées)

- a) Préciser les valeurs de la différence de chemin optique δ pour lesquelles les interférences sont constructives. Même question concernant les interférences destructives.
- b) D'après le schéma du doc.2, déterminer l'expression de la position x_1 du point P_1 , centre de la première frange brillante, en fonction de a , D et λ .
- c) Même question concernant la position x_2 du point P_2 , centre de la deuxième frange brillante.
- d) En déduire l'expression de la distance séparant P_1 et P_2 , appelée interfrange i .

APPEL n°1



Appeler le professeur pour lui présenter vos résultats



2. Réalisation du montage (20 minutes conseillées)

Réaliser le montage en utilisant un laser éclairant les deux fentes et en prenant une distance D minimale de 1,50 m.

- a) Mesurer l'interfrange i en utilisant le logiciel Salsa J.

APPEL n°2



Appeler le professeur pour lui présenter vos résultats



- b) Calculer λ .

3. Conclusion (10 minutes conseillées)

- a) En considérant l'incertitude $u(a) = 0,1a$, $u(D)=1\text{cm}$ et en estimant la valeur de $u(i)$, en déduire l'incertitude $u(\lambda)$ et l'écriture de λ avec son incertitude type.

$$\frac{u(\lambda)}{\lambda} = \sqrt{\left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$$

APPEL FACULTATIF



Appeler le professeur pour lui présenter votre réponse



- b) Comparer le résultat avec la valeur de référence de la longueur d'onde du laser en calculant le z-score.

4. Etude des interférences (20 minutes conseillées)

Phénomène d'interférences :

Le phénomène des interférences est dû à la superposition de vibrations de **même longueur d'onde** produites par deux sources **synchrones** (le déphasage est constant entre les sources).

On parle d'interférences **constructives** lorsque les amplitudes des ondes interférant s'ajoutent au point considéré, et d'interférences **destructives** lorsqu'elles s'annulent.

Programme Python pour effectuer la somme de deux fonctions sinusoïdales :

Dans l'expression d'une fonction telle que $\sin(x + \phi)$, ϕ représente le **déphasage angulaire en radians** (ou phase à l'origine), de la fonction par rapport à la fonction $\sin(x)$.

```
from scipy import *
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

N=input("Entre le nombre N pour choisir le déphasage de valeur φ = N π")
N=float(N)
print ("φ=",N,"π")

x=np.linspace(0,6*np.pi,90)
y1=np.sin(x)
y2=np.sin(x+N*np.pi)
y3=y1+y2

fig, ax = plt.subplots()
ax.plot(x, y1)
ax.plot(x, y2, "b--")
ax.plot(x, y3, "r--")
plt.show() # affiche la figure à L'écran
```

Ouvrir le site <https://trinket.io/python3/58ce459ab7> et copier le programme suivant

Faire varier la valeur de N afin d'obtenir les phases ϕ suivantes : $2\pi ; \frac{3}{2}\pi ; \pi ; \frac{\pi}{2} ; 0$

- a) Quelles sont les valeurs du déphasage associées à des interférences constructives ?
- b) Quelles sont les valeurs du déphasage associées à des interférences destructives ?
- c) Représenter les allures des deux graphiques illustrant les deux types d'interférences.

APPEL n°3



Appeler le professeur pour lui présenter vos résultats



Nettoyer et ranger la paillasse avant de quitter la salle.