

## AE : LA DIFFRACTION

La diffraction est une propriété des ondes qui se manifeste lorsque celles-ci rencontrent une ouverture ou un obstacle de petite dimension : on observe alors un étalement des directions de propagation de l'onde.

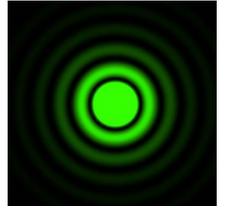


Figure de diffraction obtenue avec un trou circulaire

### **Problème posé : Quelle est l'épaisseur d'un cheveu de votre binôme ?**

On se propose d'utiliser le phénomène de diffraction en lumière monochromatique pour répondre au problème posé (partie I).

On profitera aussi de cette activité pour visualiser une figure de diffraction à l'aide de la caméra CCD, faire une mesure et en évaluer son incertitude (partie II).

#### **Document 1 : Diffraction par une fente ou un fil**

Montage expérimental :

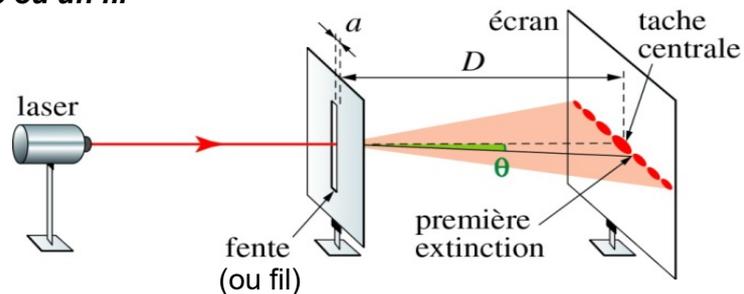
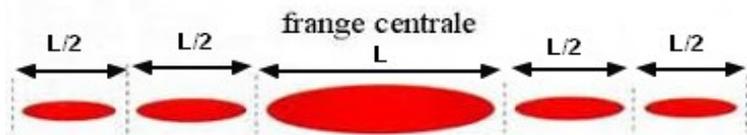


Figure de diffraction observée :



- La figure de diffraction est composée d'une tache centrale de largeur  $L$  et de taches secondaires deux fois plus petites, de largeur  $L/2$ .
- Entre les taches il y a des zones sombres appelées extinctions.
- La figure de diffraction est la même pour un fil de diamètre  $a$  ou pour une fente de même largeur  $a$ .
- L'écart angulaire de diffraction correspond à l'angle  $\theta$  et caractérise l'ouverture de la tache centrale de diffraction.
- On montre que  $\theta = \frac{\lambda}{a}$  avec :
  - $\lambda$  : la longueur d'onde de la lumière (m) ;
  - $a$  : la dimension de l'objet diffractant (m) ;
  - $\theta$  : l'angle de diffraction (rad).

#### **Document 2 : Source laser**

Le LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) est une source de lumière considérée comme monochromatique. La longueur de la radiation émise pour le laser utilisé dans cette activité est :

$$\lambda = 650 \text{ nm.}$$

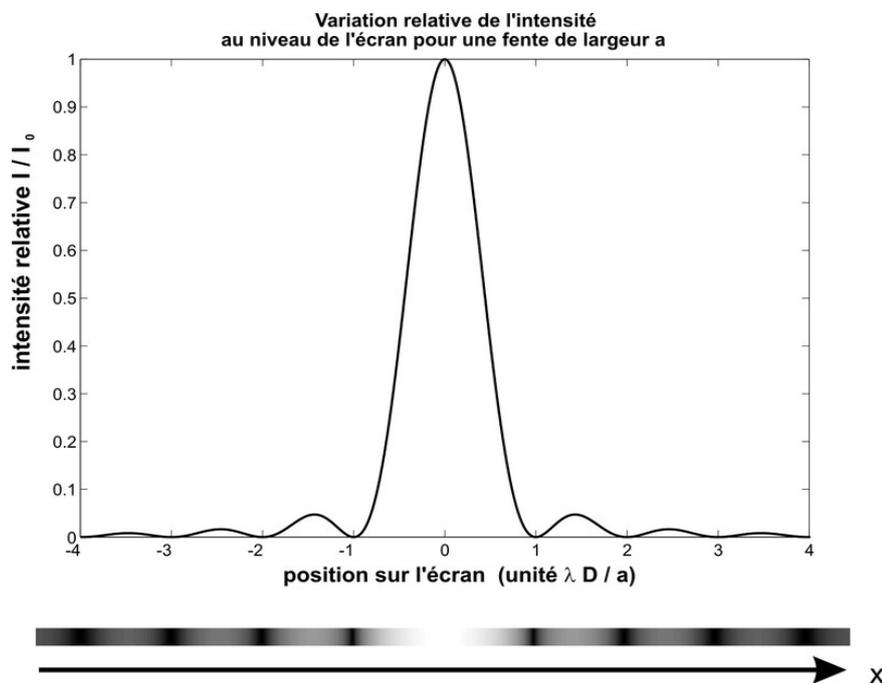


**Attention ! Ne jamais regarder dans la direction du faisceau laser et attention aux multiples réflexions possibles.**

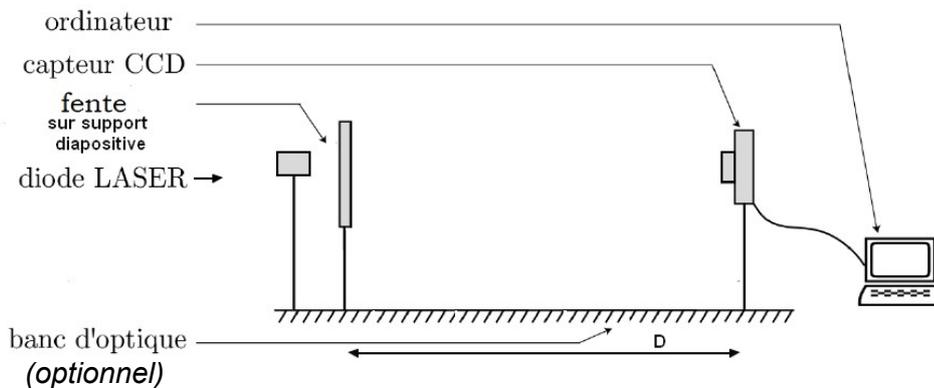
⇒ Eteindre la source laser lorsqu'elle n'est pas utilisée.

### Document 3 : Caméra CCD

- La caméra CCD est une barrette CCD linéaire comprenant 2048 pixels de 14  $\mu\text{m}$  de large, interfacée à un ordinateur (c'est le même genre de capteur que ceux des appareils photos numériques, sauf qu'ici on n'a qu'une **ligne de pixels** et non une surface).
- Le capteur CCD est sensible à l'intensité lumineuse. Il permet de visualiser la figure de diffraction à travers un logiciel. Il donne l'intensité lumineuse en fonction de la position des pixels en largeur (voir figure ci-dessous).



Le montage permettant d'observer une figure de diffraction est représenté ci-dessous :



### Document 4 : Liste du matériel

- laser
- diapositive avec 7 fentes/fils

fente/fil	n°1	n°2	n°3	n°4	n°5	n°6	n°7
largeur $a$ en mm	0,030	0,040	0,060	0,080	0,10	0,15	0,20

- divers supports
- réglet/mètre
- caméra CCD + accessoires (filtre atténuateur et polariseur) (1 paillasse sur 2)
- écran + aimants + feuille (1 paillasse sur 2)

## I. Détermination de l'épaisseur du cheveu

### 1) Analyse du problème (travail préliminaire)

- a- Sachant que pour de petits angles (en rad)  $\theta \approx \tan(\theta)$  et en utilisant les informations du document 1, montrer que :  $L = \frac{2\lambda D}{a}$
- b- Rédiger une démarche expérimentale permettant de répondre au problème posé. Cette démarche s'appuiera sur le montage expérimental du document 1 et sur la construction d'une courbe d'étalonnage.

### 2) Mise en œuvre de la démarche expérimentale

- Réaliser le montage du document 1.
- Réaliser les mesures le plus précisément possible.
  - Rassembler les résultats dans un tableau.
  - Détailler sur le compte rendu la méthode utilisée pour réaliser les mesures.

**Appeler le professeur pour lui montrer « en direct » la réalisation d'une mesure.**

- Tracer la courbe d'étalonnage.
- Exploiter la courbe afin de répondre au problème posé.  
*Remarque : L'épaisseur d'un cheveu est comprise entre 50 et 150  $\mu\text{m}$  environ.*

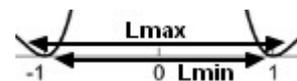
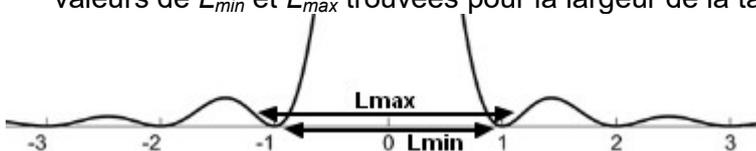
## II. Etude de la figure de diffraction à l'aide d'une caméra CCD

### 1) Réalisation du montage

- Réaliser le montage du document 3 avec la fente la plus large de la diapositive.
- Brancher la caméra CCD avec le câble USB (à l'extrémité du boîtier pas au centre).
- Ouvrir le logiciel CALIENS depuis "applications locales" puis dossier « physique ».
- Les réglages doivent être effectués en mode **temps réel (ou continu)** . Le signal affiché est celui observé sur la barrette. Le vérifier en masquant le faisceau lumineux avec la main.
- Régler la distance fente-CCD à une valeur la plus grande possible :  $D > 150 \text{ cm}$ .
- L'axe d'analyse de la barrette CCD doit être **parfaitement aligné** avec la figure de diffraction observée. Agir sur la hauteur de la tête optique ou de la source ainsi que sur l'orientation des fentes pour faire cet ajustement.
- Une fois que l'alignement est réalisé, **visser le filtre atténuateur** puis **le polariseur** (sans modifier la position de la barrette !!!)
- Exposer la barrette à la figure de diffraction et **ajuster l'intensité** du signal enregistré en tournant le polariseur  
*Remarque : si ce n'est pas suffisant, diminuer la sensibilité en la réglant à 2ms.*
- Lorsque la figure à observer est correcte, cliquer sur  et arrêter le mode temps réel.

### 2) Réalisation et exploitation de la mesure

- A l'aide des curseurs du logiciel  , donner un encadrement pour la largeur  $L$  de la tâche centrale de diffraction.
  - a- En raison de la difficulté de trouver le minimum de la courbe d'intensité pour déterminer  $L$ , noter les valeurs de  $L_{min}$  et  $L_{max}$  trouvées pour la largeur de la tâche centrale.



- b- A partir de la valeur moyenne de  $L$ , déterminer la valeur de la fente utilisée. Cette valeur sera notée  $a_{exp}$ . Rappeler la valeur attendue.

### 3) Etude de la précision de la mesure

La relation  $a = 2\lambda D/L$  implique une méthode indirecte pour calculer l'incertitude type  $u(a)$ , basée sur les incertitudes types de chaque grandeur intervenant dans la relation.

Pour déterminer  $u(a)$  nous utiliserons le logiciel GUM.

#### a- Détermination des incertitudes types :

- Pour  $u(\lambda)$  : on prendra  $u(\lambda) = 10 \text{ nm}$  (valeur donnée par le constructeur)
- Pour  $u(L)$  : estimer  $u(L)$  à partir des valeurs trouvées pour  $L_{min}$  et  $L_{max}$ .
- Pour  $u(D)$  : deux origines
  - incertitude liée à la double lecture sur la règle graduée :  $u_1 = \frac{1 \text{ graduation}}{\sqrt{6}}$
  - incertitude liée à la position des éléments :  $u_2(D)$  à estimer

Ecrire sur votre compte rendu pour chaque grandeur intervenant dans le calcul de  $a$ , la ou les incertitudes types associées.

#### b- Ecriture du résultat :

- Ouvrir le logiciel GUM.
- Sélectionner « terminale » puis cliquer sur « méthode indirecte (propagation) ».
- Saisir la grandeur et son unité calculée ici.
- Saisir la formule pour la déterminer
- Saisir les incertitudes types associées aux différentes grandeurs mise en jeu.
- Valider

Ecrire le résultat de la mesure avec son incertitude.

Quelle est la source d'erreur prédominante ici ?

#### c- Validité de la mesure :

- Saisir la valeur de référence (= valeur attendue) pour la largeur  $a$  de la fente.

Conclure sur la validité de la mesure.