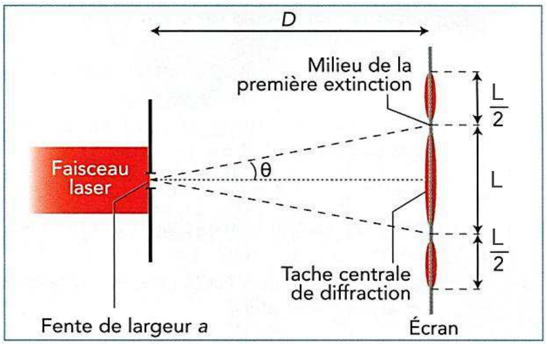
ACTIVITÉ 4

TP : DIFFRACTION ET MESURE DE LONGUEUR

A. ÉTUDE QUANTITATIVE DE LA DIFFRACTION PAR UNE FENTE

a (µm)	40,0	50,0	100	120	280	400	fente inconnue
L (cm)	8,1	6,2	3,4	2,7	1,1	0,8	4,5

1. $\theta \approx \tan\theta = \dfrac{\text{côté opposé}}{\text{côté adjacent}} = \dfrac{L/2}{D} \Rightarrow \theta = \dfrac{L}{2D}$



2. Créer une nouvelle variable. Sélectionner la colonne.
Saisir dans la case fx du tableur : **=L/2/D** ou **=L/(2*D)**

3. Courbe θ = f(a) : θ et a ne sont pas proportionnels car la courbe obtenue n'est pas une droite passant par O.

La relation à vérifier est : $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$ que l'on peut écrire sous la forme :

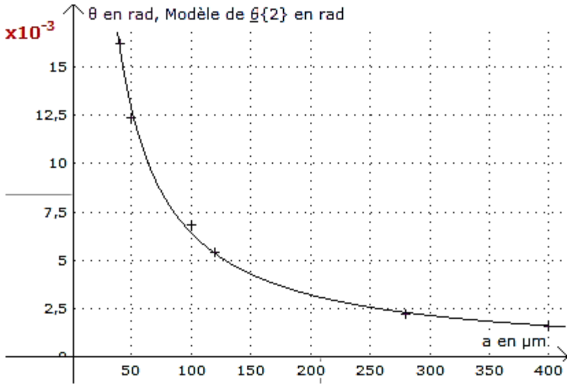
$$\underbrace{\theta}_{y} = \underbrace{\lambda}_{k} \times \underbrace{(1/a)}_{x}$$

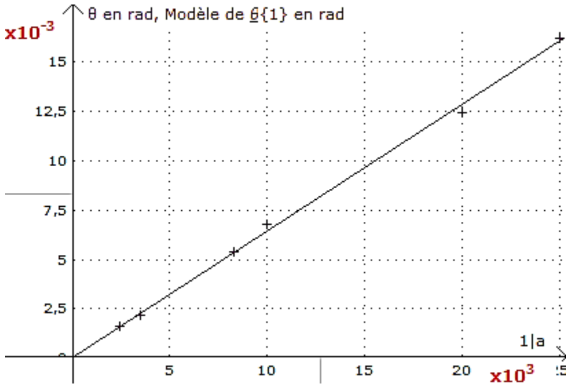
Il faut donc tracer la courbe θ = f(1/a) pour vérifier la relation précédente.

⇒ Créer une nouvelle variable nommée "inverse de a" ou "1|a" (le symbole / ne peut pas être utilisé comme nom de variable).

⇒ Tracer θ = f(1/a) puis modéliser par une fonction linéaire.

- coefficient de corrélation : r = 0,999 ≥ 0,99 donc le modèle obtenu est bien valide.
- en identifiant avec la relation donnée au départ : θ = λ /a on en déduit que : k = λ = 641nm





4. Calcul de l'incertitude de répétabilité avec un niveau de confiance de 95% :

groupe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
λ (nm)	641	625	635	645	681	652	663	632	643

Après élimination des valeurs manifestement fausses, on obtient :

- La série des valeurs précédentes conduit à un écart type expérimental : σ_{n-1} = 17nm
- La moyenne des mesures vaut : m = 646nm
- Avec un niveau de confiance de 95%, l'incertitude de répétabilité est :

$$\Delta\lambda = k_{95\%}\frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}} = 2,31\frac{17}{\sqrt{9}} = 13\text{nm} \text{ majorée à } \underline{20\text{nm}}$$

k étant le facteur d'élargissement :

n	2	3	4	5	6	7	8	**9**	10	11	12	13	14	15	16
k (95%)	12,7	4,30	3,18	2,78	2,57	2,45	2,37	**2,31**	2,26	2,23	2,20	2,18	2,16	2,15	2,13
k (99%)	63,7	9,93	5,84	4,60	4,03	3,71	3,50	3,36	3,25	3,17	3,11	3,06	3,01	2,98	2,95

- Écriture du résultat :

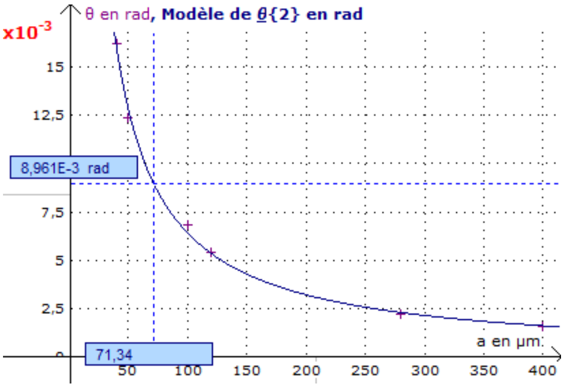
λ = 650 ± 20 nm ou plutôt λ = (65 ± 2)×10 nm (le dernier chiffre significatif conservé pour la longueur d'onde est celui sur lequel porte l'incertitude : ici le chiffre des dizaines).
La valeur obtenue est satisfaisante car la valeur de référence 650nm fait bien partie de l'intervalle de confiance.

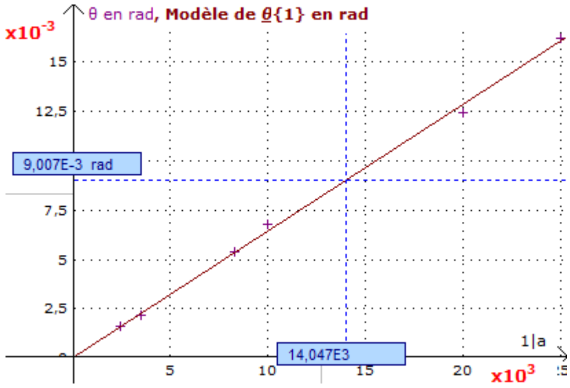
B. DÉTERMINATION DE LA LARGEUR DE LA FENTE INCONNUE

1. ⇒ La largeur de la fente inconnue peut-être déterminée graphiquement en reportant la valeur de θ pour la fente inconnue sur un des deux graphes : on obtient directement a avec le premier et 1/a avec le second.

$$\theta = \frac{L}{2.D} = \frac{4,5.10^{-2}}{2\times 2,50} = 9,0.10^{-3}\,\text{rad} = \underline{9,0\text{mrad}}$$

D'où graphiquement :





courbe θ = f(a) (courbe de gauche) ⇒ <u>a = 71µm</u>

courbe θ = f(1/a) (courbe de droite) ⇒ 1/a = 14.10^{3}m^{-1} d'où <u>a = 71µm</u>

⇒ On peut aussi utiliser la relation : $\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2.D} \Rightarrow a = \frac{2.D.\lambda}{L} = \frac{2\times 2,50\times 646.10^{-9}}{4,5.10^{-2}} = \underline{72\mu\text{m}}$

2. <u>Tableau</u> :

grandeur mesurée	sources d'erreur	estimation de l'incertitude	résultat de la mesure
λ			650 ± 10nm
L	- erreur de pointé de la distance à mesurer : les repérages des zones d'extinctions au crayon ne sont pas précis - erreur de lecture sur la règle	2mm	45 ± 2mm
D	- erreur due au montage : parallélisme diapositive écran... - erreur de lecture sur la règle	1cm	250 ± 1cm

• <u>a = 72 ± 7 µm</u> soit un intervalle de confiance de [65µm ; 79µm]

• La valeur donnée par le constructeur vaut 70,0 ± 5µm soit un intervalle de confiance égal à : [65µm; 75µm]

Les intervalles de confiance des deux mesures se recouvrent, la mesure est cohérente avec celle du fabricant.

• Précision relative de la mesure : Δa / a = 7 / 72 = $9,7.10^{-2}$ = 9,7%

3. L'incertitude sur la mesure de a résulte des incertitudes de mesures sur λ, L et D.

Le logiciel Gum indique que la mesure L de la tache centrale contribue pour 88,7% à 'incertitude sur la mesure de a.

Il faut donc augmenter la qualité de la mesure de L :

⇒ obtenir une tache de diffraction la plus grande possible en reculant l'écran au maximum (si L↗ alors ΔL/L↘),

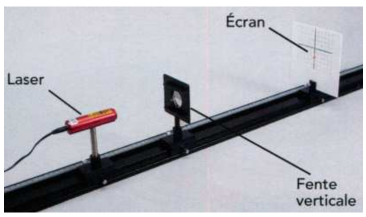
⇒ utiliser une caméra CCD ou une webcam pour mieux repérer les milieux des zones d'extinction,

et aussi :

⇒ choisir un laser dont la longueur d'onde est connue avec plus de précision,

⇒ utiliser un banc d'optique pour le montage.

C. DÉTERMINATION DE LA LONGUEUR D'ONDE D'UN LASER



<u>Protocole</u> :

- Placer l'écran à une distance D égale à 2,50m de la fente.
- Éclairer la fente a = 40,0µm avec le laser. On utilise la fente la moins large afin d'obtenir une tache centrale la plus grande possible ce qui augmente la précision de la mesure ΔL/L.
- Mesurer la largeur L de la tache centrale de diffraction.
- Déterminer la longueur d'onde du laser en utilisant la relation : $\lambda = \frac{a.L}{2.D}$

<u>Résultats des mesures et exploitations</u> :

laser vert : L = 6,9cm ⇒ $\lambda_{vert} = \frac{a.L}{2.D} = \frac{40,0.10^{-6}\times 6,9.10^{-2}}{5,00} = 5,5.10^{-7}\,\text{m} = \underline{5,5.10^{2}\,\text{nm}}$

laser bleu : L = 5,0cm ⇒ $\lambda_{bleu} = \frac{a.L}{2.D} = \frac{40,0.10^{-6}\times 5,0.10^{-2}}{5,00} = 4,0.10^{-7}\,\text{m} = \underline{4,0.10^{2}\,\text{nm}}$