

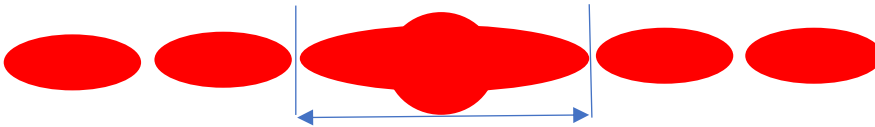
TP Diffraction de la lumière - Détermination du diamètre d'un cheveu

1. Observation de la diffraction de la lumière d'un laser par une fente verticale (ou un fil vertical) :

a. On observe une figure de diffraction. La tache centrale est 2 fois plus large que les taches latérales.



Lorsque l'on remplace la fente par un fil on observe la même figure de diffraction avec la lumière du laser qui arrive directement au centre. (Théorème de Babinet)



b. Si on diminue la largeur de la fente ou du fil, la tache centrale de diffraction est plus large.

c. Par analogie avec les ondes mécaniques, l'écart angulaire θ augmente lorsque la largeur de la fente diminue.

2. Etude quantitative de la diffraction

a. Pour mesurer précisément la largeur de la tache centrale l :

- on mesure $3l$ et on divise par 3. On divise ainsi par 3 l'incertitude sur la mesure de l que l'on note $u(l)$.
- on mesure bien l en se plaçant bien au milieu de la partie sombre.

b. Lorsque la longueur a diminue, la taille de la tache centrale l augmente.

$\tan \theta = \theta$ car les angles sont petits

$$\theta = \frac{l/2}{D} = \frac{l}{2 \times D}$$

$$\theta = \frac{0,0160}{2 \times 1,50} = 0,00533 \text{ rad}$$

c. Utilisation de Regressi :

Convertir toutes les distances en mètre.

40 μm s'écrit 40E-6m sur Regressi

4,9cm s'écrit 4,9E-2m

θ s'écrit ctrl q

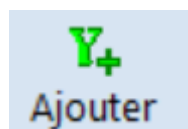
fichier nouveau clavier

Symbole	Unité
a	m
l	m
θ	rad

i	a	l	θ
	m	m	rad
0	4,000·10 ⁻⁵	0,0490	0,0160
1	5,000·10 ⁻⁵	0,0390	0,0130
2	0,0001	0,0200	0,0067
3	0,00012	0,0160	0,00544

Pour créer la grandeur $1/a$ que l'on appellera inva (pour inverse de a)

Les points sont alignés
une droite qui passe par
l'origine. On modélise par une fonction
linéaire.



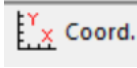
Création d'une grandeur

Type de grandeur
☐ Variable exp.
☐ Paramètre exp.
☒ Grandeur calc.
☐ Dérivée
☐ Intégrale
☐ Lissage
☐ Variable texte
☐ Paramètre texte

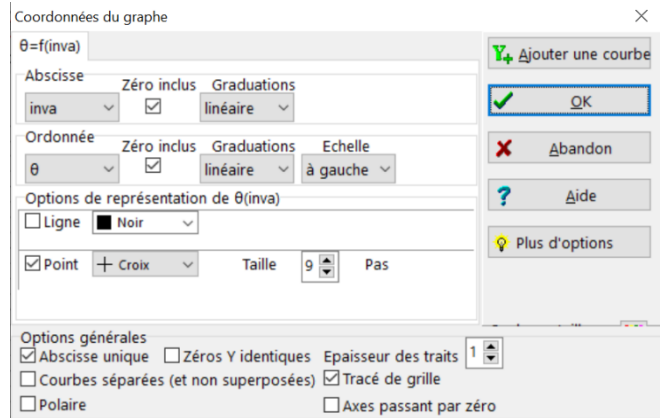
Symbole de la grandeur : inva
Unité de la grandeur : 1/m
Commentaire :
☐ Etiquette de graphe = commentaire
Expression de la fonction : inva = 1/a
☐ Méthode d'Euler

sur

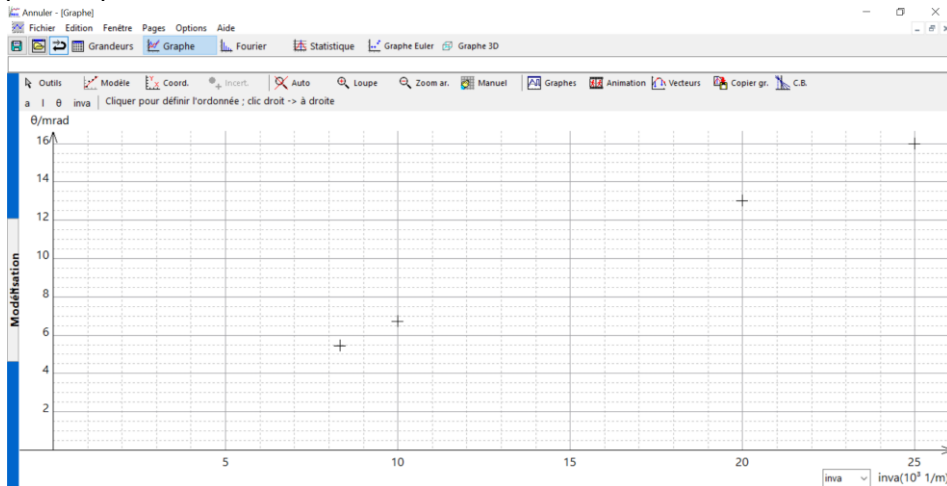
i	a	l	θ	inva
	m	m	rad	1/m
0	$4,000 \cdot 10^{-5}$	0,0490	0,0160	$2,500 \cdot 10^4$
1	$5,000 \cdot 10^{-5}$	0,0390	0,0130	$2,000 \cdot 10^4$
2	0,0001	0,0200	0,0067	$1,000 \cdot 10^4$
3	0,00012	0,0160	0,00544	8333



Dans coordonnées ne conserver qu'une seule courbe



Ne relier surtout pas les points.

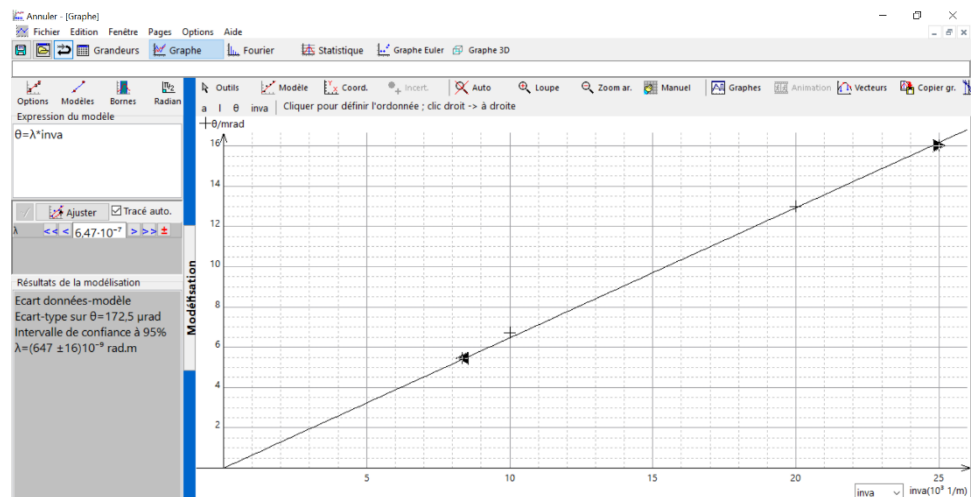


On observe que la courbe d'équation $\theta = f(\text{inva})$ est une droite qui passe par l'origine

d. Cliquez sur **modélisation**
Modèle linéaire puis
ajuster

Modifier le coefficient directeur a par la lettre λ (ctrl I) puis **ajuster**

On obtient $\theta = \lambda \times \text{inva}$
avec $\lambda = (647 \pm 16) 10^{-9} \text{ m}$
(attention $\text{rad} \times \text{m} = \text{m}$)
Le coefficient directeur est
 $\lambda = 6,47 \times 10^{-7} \text{ m}$



Pour comparer λ à λ_0 on calcule le z-score

$$z = \frac{|\lambda - \lambda_0|}{u(\lambda)}$$

$$z = \frac{|647 - 650|}{16} = 0,18$$

Le z-score étant inférieur à 2, la valeur trouvée est conforme à la valeur théorique.

Attention : cette incertitude sur λ est fausse car on n'a pas tenu compte de l'incertitude sur a, l et D
Vous verrez plus tard qu'on peut rajouter l'incertitude sur a, l et θ directement dans Regressi.

e. On utilise la plus grande valeur de l possible

On sait que $\theta = \frac{\lambda}{a}$ donc $\lambda = \theta \times a$ soit $\lambda_{exp} = 0,016 \times 0,000040 = 6,4 \times 10^{-7} \text{ m}$

Calcul de l'incertitude type sur λ_{exp} :

$\frac{u(a)}{a} = \frac{2}{100}$ donné sous la formule du calcul de $u(\lambda_{exp})$ sur la feuille de TP

$$u(\lambda_{exp}) = \lambda_{exp} \times \sqrt{\left(\frac{u(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{u(l)}{l}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$$

$$u(\lambda_{exp}) = 6,4 \times 10^{-7} \times \sqrt{\left(\frac{2}{100}\right)^2 + \left(\frac{1}{49}\right)^2 + \left(\frac{0,01}{1,5}\right)^2} = 1,87 \times 10^{-8} \text{ m} = 0,2 \times 10^{-7} \text{ m}$$

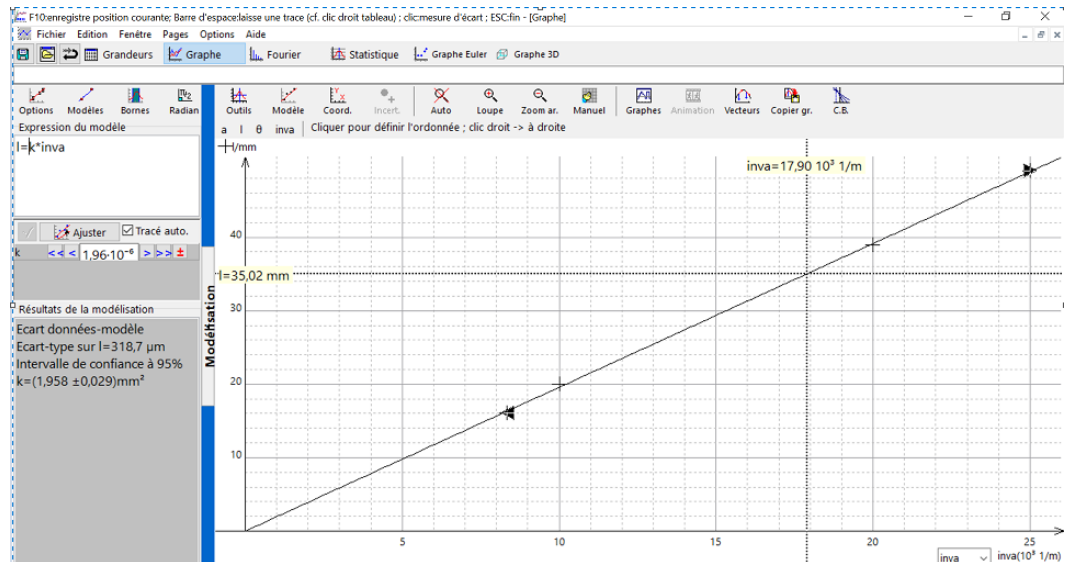
Conclusion $\lambda_{exp} = (6,4 \pm 0,2) \times 10^{-7} \text{ m}$

Calcul du z-score :

$$z = \frac{|\lambda_{exp} - \lambda_{theo}|}{u(\lambda_{exp})} = \frac{|6,4 - 6,50|}{0,2} = 0,5$$

$z = 0,5 < 2$ donc notre valeur trouvée est conforme à la valeur théorique

f. On trace la courbe d'équation $l = f(inva)$ puis on modélise par un modèle linéaire :



On relève l'équation de la courbe $l = k \times inva$ avec $k = 1,96 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

g. Protocole :

- remplacer la fente par un cheveu
- mesurer la largeur de la tache centrale de diffraction (On mesure avec un cheveu $l' = 3,5 \text{ cm}$)
- Sur la courbe d'étalonnage $l = f(inva)$ utiliser l'outil réticule libre et en déduire la valeur de $1/a' = 17,90 \cdot 10^3 \text{ m}^{-1}$
- en déduire la valeur de $a' = 55,8 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 55,8 \text{ } \mu\text{m}$

Remarque : On peut aussi utiliser la valeur de k trouvée :

$$inva = \frac{l'}{k} \text{ soit } a = \frac{k}{l'} = \frac{1,96 \cdot 10^{-6}}{3,5 \cdot 10^{-2}} = 56 \text{ } \mu\text{m}$$

h. $\theta = \frac{\lambda}{a'}$ et $\theta = \frac{l}{2D}$ soit $\frac{\lambda}{a'} = \frac{l}{2D}$ et $l = \frac{2\lambda D}{a'} = 2\lambda D \times \frac{1}{a'}$ équation de la courbe de la question f.

On en déduit la valeur de $k = 2\lambda D = 2 \times 650 \times 10^{-6} \times 1,50 = 1,95 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ et on en déduit par le calcul précédent la valeur de $a' = 56 \text{ } \mu\text{m}$

Le calcul d'incertitude sur la valeur a' n'est pas demandé dans ce TP mais cela aurait pu être demandé.

