EXERCICE I : DIFFRACTION PAR UNE POUDRE DE CACAO (5 points)

1. Vérification de la longueur d'onde d'une des diodes laser utilisées

1.1. Les principales propriétés du faisceau d'un laser sont :

- sa directivité,
- sa monochromaticité (longueur d'onde unique),
- sa cohérence (ondes lumineuses de déphasage constant).

1.2. L'importance du phénomène de diffraction est liée au rapport de la longueur d'onde aux dimensions de l'ouverture ou de l'obstacle ; ainsi, si la longueur d'onde est fixée, le demi-angle θ_0 sera plus élevé si le diamètre du fil est faible. On retrouve cette idée dans la relation $\theta_0 = \frac{\lambda}{a}$.

1.3. À l'aide du schéma, on peut écrire : $\tan\theta_0 = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D}$

Dans le cadre de l'approximation des petits angles donné : $\theta_0 \approx \tan\theta_0 = \frac{L}{2D}$

Or $\theta_0 = \frac{\lambda}{a}$ (question **1.2.**) donc $\theta_0 = \frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$.

On en déduit que $L = \frac{2\lambda.D}{a}$ que l'on peut écrire $L = k.\frac{1}{a}$ avec $k = 2\lambda.D$

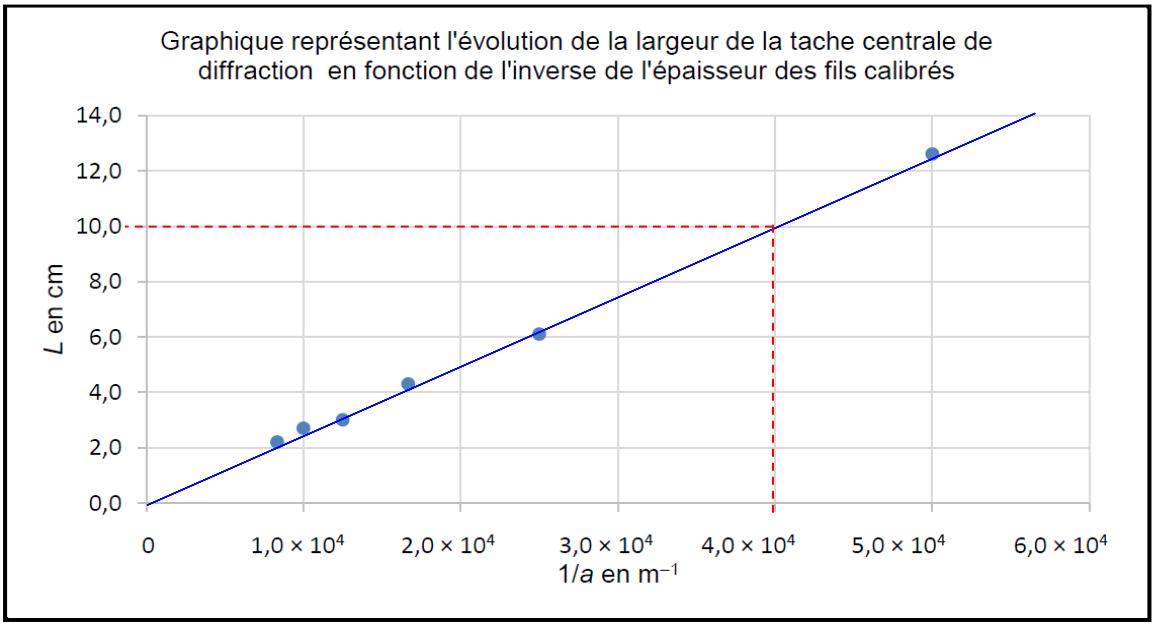
1.4. Vu que $L = k.\frac{1}{a}$ avec $k = 2\lambda.D$, la courbe $L = f\left(\frac{1}{a}\right)$ est une droite passant par l'origine de coefficient directeur k.

On trace la droite modélisée (passant au plus près de tous les points expérimentaux), on détermine son coefficient directeur : $k = \frac{\Delta L}{\Delta(1/a)} = \frac{10{,}0\times10^{-2} - 0}{4{,}0\times10^{4} - 0} = 2{,}5\times10^{-6}\,\text{m}^2$

(ATTENTION L doit être en mètre pour que la relation soit homogène)

Or $k = 2\lambda.D$ donc $\lambda = \frac{k}{2D}$

$$\lambda = \frac{2{,}5\times10^{-6}}{2\times200\times10^{-2}} = 6{,}25\times10^{-7}\ \text{m} = 6{,}3\times10^{-7}\ \text{m}$$

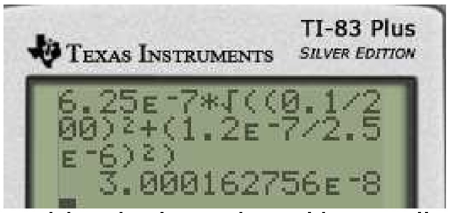


1.5. *Conformément aux recommandations de la métrologie, nous faisons le choix de la notation U(x) pour l'incertitude (Uncertainty) sur la mesure de x plutôt que la notation Δx.*

$$U(\lambda)=\lambda.\sqrt{\left(\frac{U(D)}{D}\right)^2+\left(\frac{U(k)}{k}\right)^2}$$

Sur la figure, on lit D = 200,0 ±0,1 cm, on en déduit que U(D) = 0,1 cm

$$U(\lambda)=6{,}25\times10^{-7}\times\sqrt{\left(\frac{0{,}1}{200{,}0}\right)^2+\left(\frac{1{,}2\times10^{-7}}{2{,}5\times10^{-6}}\right)^2}=3\times10^{-8}\,\text{m}$$



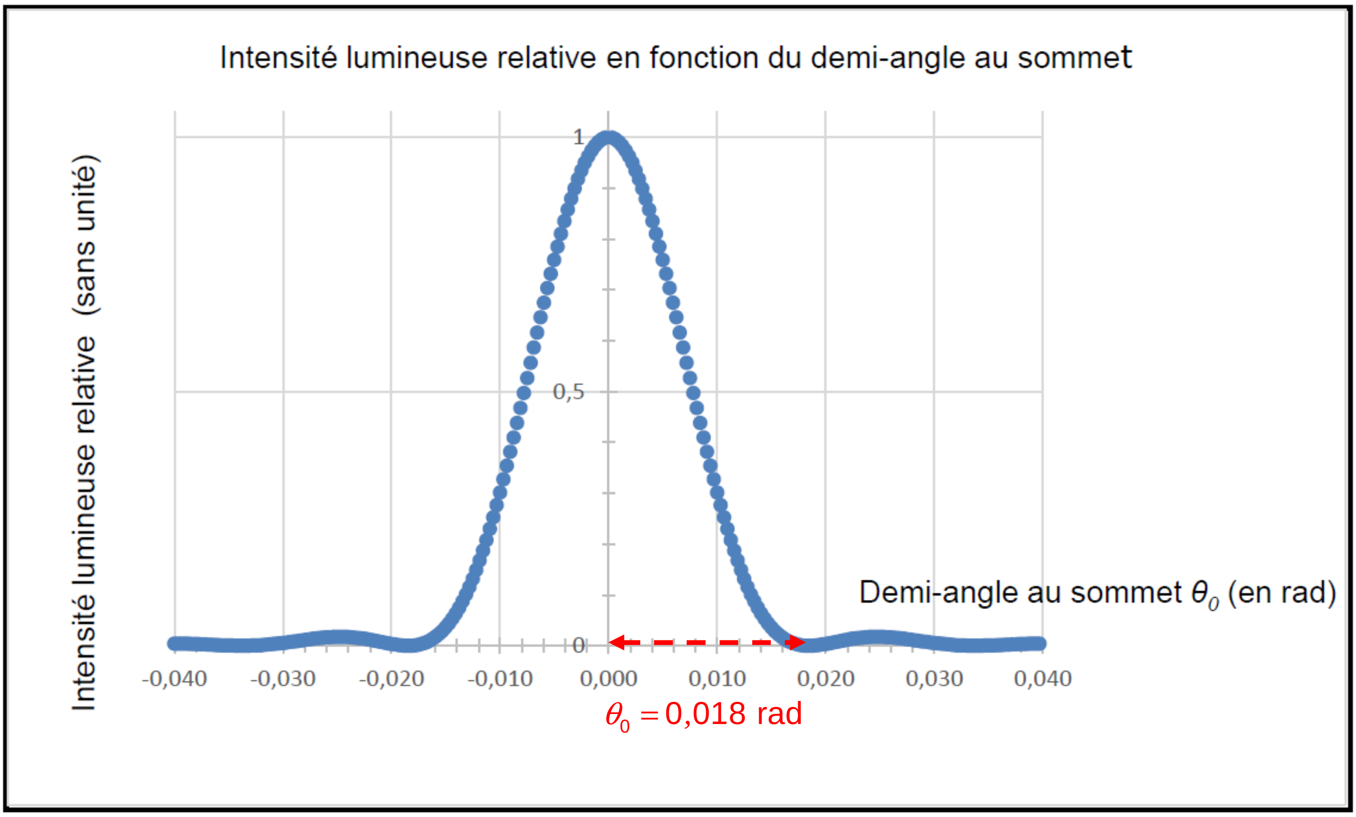
Ainsi : $\lambda=(6{,}3\pm0{,}3)\times10^{-7}\,\text{m}$

La valeur de 635 nm = $6{,}35\times10^{-7}$ m donnée par le fabriquant est bien incluse dans l'intervalle de confiance. Les mesures sont validées.

2. Étude de la diffraction par la poudre de cacao

2.1. Le grain sphérique se comporte comme un obstacle circulaire et donne donc la même figure de diffraction qu'un trou de même dimension (tout comme une fente et un fil de mêmes dimensions donnent la même figure de diffraction).

2.2. D'après la courbe fournie, $\theta_0=0{,}018$ rad



Or $\sin\theta_0=\dfrac{1{,}22.\lambda}{a}$ donc $a=\dfrac{1{,}22.\lambda}{\sin\theta_0}$

$$a=\frac{1{,}22\times635\times10^{-9}}{\sin(0{,}018)}=4{,}3\times10^{-5}\,\text{m} \;=\; 43\ \mu\text{m}$$

D'après le document 2, ces grains sont trop gros pour être utilisés comme chocolat de couverture dont le diamètre moyen vaut a = 10 µm.

<u>Compétences exigibles :</u>

- Connaître les principales propriétés du laser
- Savoir que l'importance du phénomène de diffraction est liée au rapport de la longueur d'onde aux dimensions de l'ouverture ou de l'obstacle.
- Connaître et exploiter la relation $\theta = \frac{\lambda}{a}$
- Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier ou utiliser le phénomène de diffraction dans le cas des ondes lumineuses.
- Évaluer, à l'aide d'une formule fournie, l'incertitude d'une mesure obtenue lors de la réalisation d'un protocole dans lequel interviennent plusieurs sources d'erreurs.
- Commenter le résultat d'une opération de mesure en le comparant à une valeur de référence.