

I) Étude qualitative de la diffraction d'une onde lumineuse

S'APPROPRIER

- Lorsque la lumière du laser traverse la fente, on observe **une alternance de taches lumineuses et de taches sombres**, au lieu d'observer un seul trait lumineux. La lumière du laser **subit donc la diffraction**.
- La diffraction est expliquée par le **caractère ondulatoire** de la lumière.
- Lorsqu'on modifie la distance laser – fente, la figure de diffraction **ne varie pas**.
- Lorsqu'on **augmente la distance fente – écran**, la figure de diffraction **s'élargit**, et inversement.

II) Étude quantitative de la diffraction d'une onde lumineuse

II.3) Travail à effectuer

RÉALISER

☞ Exemples de valeurs obtenues pour une distance fente – écran $D = 1,50 \text{ m}$:

$a \text{ (en m)}$	$4,6 \times 10^{-5}$	$6,1 \times 10^{-5}$	$8,1 \times 10^{-5}$	$1,04 \times 10^{-4}$	$1,21 \times 10^{-4}$
$L \text{ (en m)}$	$5,0 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-2}$

☞ Dans l'approximation des petits angles :

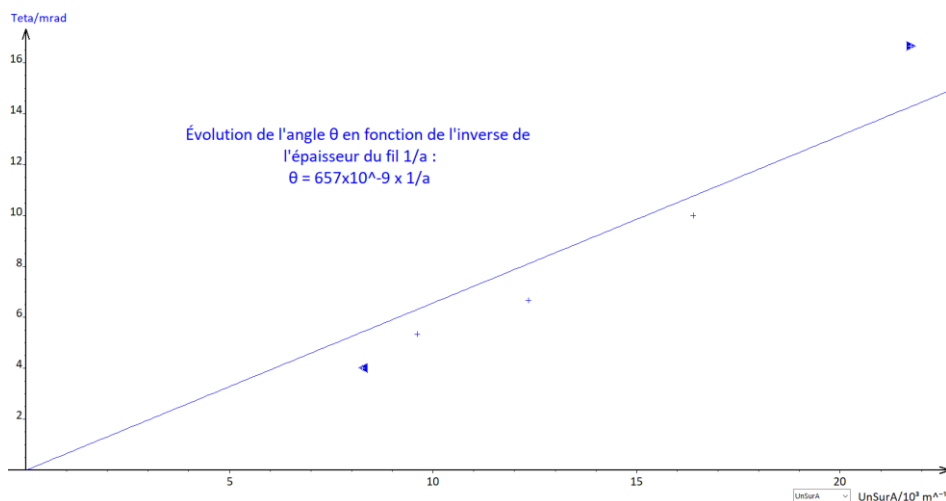
$$\theta \approx \tan \theta = \frac{L}{D} = \frac{L}{2D}$$

En faisant calculer le logiciel Regressi on trouve les valeurs suivantes :

$\theta \text{ (en rad)}$	0,01667	0,0100	0,006667	0,005333	0,0040
---------------------------	---------	--------	----------	----------	--------

ANALYSER

☞ Pour montrer que les grandeurs $\frac{1}{a}$ et θ sont proportionnelles, il faut **tracer le graphique $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$** et vérifier qu'on obtient **une droite passant par l'origine**, qu'on pourra modéliser par une fonction linéaire (de type $y = a \times x$) :



On obtient l'équation suivante : **$\theta = 657 \times 10^{-9} \times \frac{1}{a}$** qui correspond bien à une fonction linéaire.

☞ On remarque que la valeur du coefficient directeur $k = 657 \times 10^{-9}$ est proche de la valeur de la longueur d'onde du laser utilisé : $\lambda = 650 \text{ nm}$. D'ailleurs, **une analyse dimensionnelle** permet de confirmer l'unité de k :

θ est sans dimension et $\frac{1}{a}$ a la dimension de l'inverse d'une longueur **$[L]^{-1}$** . Donc pour avoir le produit $k \times \frac{1}{a}$ sans dimension, il faut que celle de **k** soit une longueur **$[L]$** . L'unité de **k** sera donc le mètre **m** .

M. TOUYET	Correction AE P4	2017 / 2018
	Chapitre 3 - Comportements ondulatoires	Physique - Chimie

VALIDER

☞ Ainsi, on peut exprimer θ en fonction de λ et $\frac{1}{a}$:

$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

III) Diffraction et mesures

III.1) Déterminer l'épaisseur d'un cheveu

ANALYSER

☞ Méthode la plus précise :

Un cheveu n'est autre qu'un fil d'épaisseur inconnu. Pour déterminer son épaisseur, on peut donc utiliser le montage précédent, avec $D = 1,50 \text{ m}$ et mesurer la largeur L de la tache centrale obtenue. On fait calculer θ par Regressi, et grâce à la courbe précédente, on détermine la valeur du rapport $\frac{1}{a}$ avec l'outil réticule : c'est la méthode par courbe d'étalonnage.

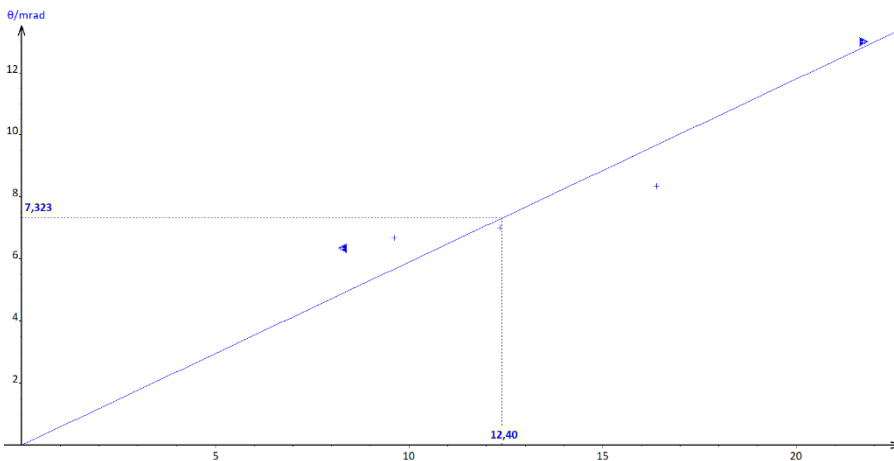
On retrouve ensuite simplement la valeur de a .

☞ Autre méthode (moins précise car basée sur une seule mesure) :

On utilise le montage précédent, avec $D = 1,50 \text{ m}$, pour mesurer la largeur L de la tache centrale obtenue. On utilise ensuite la formule démontrée au II.3) pour calculer l'épaisseur du cheveu.

RÉALISER

☞ Valeur obtenue par la méthode (1) :



$L = 2,2 \times 10^{-2} \text{ m}$
 $\theta = \frac{L}{2D} = 7,3 \times 10^{-3} \text{ rad}$
 Avec l'outil réticule :
 $\frac{1}{a} = 12,4 \times 10^3 \text{ m}^{-1}$
 Conclusion :
 $a = \frac{1}{12,4 \times 10^3} = 8,06 \times 10^{-5} \text{ m}$

☞ Valeur obtenue par la méthode (2) :

$$L = 2,2 \times 10^{-2} \text{ m} \rightarrow \theta = \frac{L}{2D} = 7,3 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

$$a = \frac{\lambda}{\theta} = \frac{650 \times 10^{-9}}{7,3 \times 10^{-3}} = 8,90 \times 10^{-5} \text{ m}$$

VALIDER

☞ Calcul de l'incertitude :

$$U(\lambda) = 1 \times 10^{-9} \text{ m} ; U(L) = U(D) = \sqrt{\frac{2}{3}} \times 1 \times 10^{-3} \approx 1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Donc } U(a) = 8,06 \times 10^{-5} \times \sqrt{\left(\frac{1 \times 10^{-9}}{650 \times 10^{-9}}\right)^2 + \left(\frac{1 \times 10^{-3}}{1,50}\right)^2 + \left(\frac{1 \times 10^{-3}}{2,2 \times 10^{-2}}\right)^2} = 3,666 \times 10^{-6} \approx 4 \times 10^{-6} \text{ m}$$

☞ D'où l'épaisseur du cheveu $a = 81 \pm 4 \mu\text{m}$.

M. TOUYET	Correction AE P4	2017 / 2018
	Chapitre 3 - Comportements ondulatoires	Physique - Chimie

III.2) Détermination expérimentale de la longueur d'onde d'un laser

ANALYSER

☞ Méthode la plus précise :

On reprend exactement le même protocole que la partie RÉALISER du II.3) :

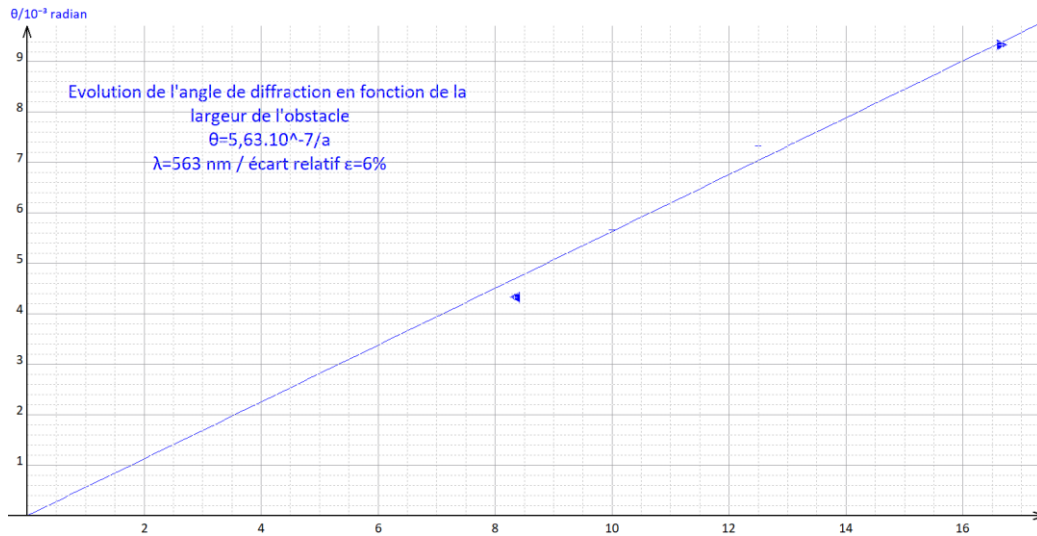
- On place les fils de diamètres connus à une distance $D = 1,50 \text{ m}$ de l'écran ;
- On éclaire les fils avec le laser dont on veut déterminer la longueur d'onde ;
- On mesure la tache centrale L ;
- Avec Regressi, on calcule $\theta = \frac{L}{2D}$ ainsi que le rapport $\frac{1}{a}$;
- On trace le graphique $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$ et on relève la valeur du coefficient directeur qui correspond à la longueur d'onde λ recherchée.

☞ Méthode 2 :

On reprend le montage précédent avec la laser dont on veut déterminer la longueur d'onde, et on fait une seule mesure. Avec la formule $\lambda = \theta \times a$ on trouve la valeur recherchée.

RÉALISER

☞ Courbe obtenue avec la méthode 1 :



☞ Valeur obtenue avec la méthode 2 :

$$a = 6,0 \times 10^{-5} \text{ m} ; L = 2,8 \times 10^{-2} \text{ m} ; \theta = 9,3 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

$$\lambda = \theta \times a = 9,3 \times 10^{-3} \times 6,0 \times 10^{-5} = 5,58 \times 10^{-7} \text{ m}$$

VALIDER

☞ Calcul des écarts relatifs :

Méthode 1 $\rightarrow \epsilon = \left| \frac{\lambda_{théo} - \lambda_{exp}}{\lambda_{théo}} \right| \times 100 = \left| \frac{532 - 563}{532} \right| \times 100 = 5,827 \approx 6\%$ (< 10 % la mesure réalisée est correcte)

Méthode 2 $\rightarrow \epsilon = \left| \frac{\lambda_{théo} - \lambda_{exp}}{\lambda_{théo}} \right| \times 100 = \left| \frac{532 - 558}{532} \right| \times 100 = 4,859 \approx 5\%$ (< 10 % la mesure réalisée est correcte)

☞ La valeur indiquée par le constructeur est correcte.

M. TOUYET	Correction AE P4	2017 / 2018
	Chapitre 3 - Comportements ondulatoires	Physique - Chimie