

Discussion – TP 13 : Interférences en optique

I Interférences à deux ondes

Discussion des sources d'incertitudes

Concernant $i_{\text{théo}} = \frac{\lambda D}{a}$:

- Distance écran-fentes : $D = (1.20 \pm 0.01)$ m (un centimètre d'erreur, ce qui fait moins de 1% d'erreur relative).
- Pas vraiment d'incertitude pour λ du laser, ni pour l'écartement a des fentes (pour les fentes diapo Jeulin utilisées en 2017 et dans ce compte rendu le fabricant donne 10%, ce qui semble beaucoup ; pour les fentes lithographiées il n'y a pas d'incertitude indiquée).

Dans la suite on ne tient pas compte de ces sources d'incertitude.

- Il faut que le plan des fentes soit bien perpendiculaire à l'axe du laser, sinon cela revient à réduire a artificiellement.
- Il faut que l'écran soit bien perpendiculaire à l'axe du laser, sinon on "allonge" artificiellement la figure d'interférence et $i_{\text{théo}}$ ne donne pas la bonne longueur.

On a ainsi une incertitude relative d'environ 1% sur $i_{\text{théo}}$ (en étant optimiste sur la "perpendicularité").

Concernant i_{exp} mesuré sur l'écran :

- Pour la mesure de l'interfrange sur l'écran, i_{exp} , on a une incertitude de l'ordre de 1 mm sur le papier millimétré de l'écran. Si on mesure 10 interfranges, on aura donc une incertitude de ± 0.1 mm. On a jusqu'à ± 0.2 mm pour les cas plus difficiles.

On a ainsi une incertitude relative de 4% à 10% sur i_{exp} .

Quelques exemples de résultats :

laser	a	$i_{\text{théo}}$	mesure	i_{exp}	accord ?
532 nm	0.2 mm	(0.319 ± 0.004) cm	3.1 cm pour 10	(0.31 ± 0.01) cm	oui
532 nm	0.3 mm	(0.213 ± 0.003) cm	2.2 cm pour 10	(0.22 ± 0.01) cm	oui
532 nm	0.5 mm	(0.128 ± 0.002) cm	1.5 cm pour 10	(0.15 ± 0.02) cm	oui
635 nm	0.2 mm	(0.381 ± 0.004) cm	1.9 cm pour 5	(0.38 ± 0.02) cm	oui
635 nm	0.3 mm	(0.254 ± 0.003) cm	1.8 cm pour 7	(0.25 ± 0.02) cm	oui
635 nm	0.5 mm	(0.152 ± 0.002) cm	1.8 cm pour 10	(0.18 ± 0.02) cm	presque

II Réseaux

II.1 Formule des réseaux

Remarques :

- Pour un réseau à 300 traits par mm et un laser rouge, il faut un grand écran en bois pour pouvoir voir 7 points (ordres -3 à +3) en plaçant l'écran à une trentaine de centimètres. Sinon un petit écran convient pour un réseau à 200 traits et le laser vert.

Placer l'écran trop près implique une erreur relative sur D d'autant plus importante.

- On ne peut pas vraiment utiliser l'approximation des petits angles. Par exemple pour l'ordre 3 on a $x/D = 15/29 = 0.5$ et $\sin^{-1}(x/D) = 0.52$, soit 4% d'erreur. Ce n'est pas très satisfaisant. De plus, si on fait l'approximation des petits angles on voit lors du tracé de θ_p en fonction de p que les points ne sont pas tout à fait alignés et suivent une tendance.

On calculera donc les angles à l'aide de \tan^{-1} et on prendra bien le sinus dans la formule des réseaux.

Ce que l'on compare

★ Côté théorie :

On veut vérifier la formule des réseaux, $\sin \theta_p = \sin \theta_0 + p \frac{\lambda}{l}$, que l'on écrit sous la forme $y = a_{\text{théo}}x + b_{\text{théo}}$ avec $y = \sin \theta_p$, $x = p$, $a_{\text{théo}} = \frac{\lambda}{l}$, $b_{\text{théo}} = \sin \theta_0$.

★ Côté expériences :

On mesure θ_p à l'aide de mesures au mètre et à la règle sur l'écran puis d'un peu de géométrie, on en déduit $y = \sin \theta_p$; on connaît $x = p$. On trace l'un en fonction de l'autre et avec une régression linéaire $y = a_{\text{exp}}x + b_{\text{exp}}$, et on obtient a_{exp} et b_{exp} .

Discussion des sources d'incertitudes

Concernant le côté théorie :

- Pas d'incertitude fabricant sur le pas du réseau l . Pas d'incertitude sur λ . On n'a donc pas d'incertitude sur $a_{\text{théo}}$.
On a $b_{\text{théo}} = \sin \theta_0 = 0$ sans pouvoir évaluer d'incertitude non plus.
- Globalement, il y a toujours une incertitude liée à l'alignement approximatif du montage (écran pas parallèle, laser pas en incidence normale sur le réseau, normale du réseau pas alignée sur le laser). On peut estimer tout ceci à 1% d'erreur supplémentaire. Pour le minimiser on peut ajuster l'orientation du réseau pour que les différents ordres soient symétriques par rapport à l'ordre 0 (car ceci arrive lorsque $\theta_0 = 0$). On ne prend pas en compte tout ceci dans la suite, mais il faut l'avoir à l'esprit.

Concernant le côté expérience :

- On mesure sur l'écran à la règle ou sur le papier millimétré si petit écran. Il faut également mesurer la distance D entre écran et réseau. On a de l'ordre de 2% d'incertitude. On ne les rentre pas dans Regressi, qui donnera quand même une incertitude sur la pente et l'ordonnée à l'origine.

Quelques exemples de résultats :

Dans tous les cas le tracé de $y = \sin \theta_p$ en fonction de $x = p$ donne des points très bien alignés, sans tendance notable. On peut donc effectuer une régression linéaire.

laser	réseau (mm^{-1})	$a_{\text{théo}} = \frac{\lambda}{l}$	distance écran, nb d'ordres	b_{exp}	a_{exp}	accord ?
650 nm	300	0.195	~ 30 cm, 7	$(10 \pm 10) \times 10^{-3}$	0.195 ± 0.005	oui
635 nm	300	0.191	~ 30 cm, 7	$(7 \pm 12) \times 10^{-5}$	0.193 ± 0.006	oui
532 nm	200	0.106	~ 22 cm, 7		0.106 ± 0.005	oui

II.2 Minimum de déviation

On trouve des résultats cohérents.