

## Correction : à la recherche de la longueur d'onde perdue !

### A) Etude qualitative du phénomène des interférences en lumière monochromatique.

#### I. Analyse dimensionnelle :

$i$  a la dimension d'une longueur L

$\lambda$  a la dimension d'une longueur L

D a la dimension d'une longueur L

a a la dimension d'une longueur L

d a la dimension d'une longueur L

1)  $i = \lambda^2 D / a$  L\*L/L donne L (cette expression pourrait correspondre par analyse dimensionnelle)

2)  $i = \lambda^2 D^2 L^2 / L$  donne L<sup>3</sup> et non L (cette expression est à éliminer par analyse dimensionnelle)

3)  $i = D^2 a / \lambda$  L\*L/L donne L (cette expression pourrait correspondre par analyse dimensionnelle)

4)  $i = \lambda^2 a / D$  L\*L/L donne L (cette expression pourrait correspondre par analyse dimensionnelle)

5)  $i = \lambda^2 d / a$  L\*L/L donne L (cette expression pourrait correspondre par analyse dimensionnelle)

II. En utilisant le matériel mis à votre disposition, imaginer des expériences qui permettent de valider la bonne expression de l'interfrange  $i$  proposée dans le document 4.

| $\lambda$ | d     | D     | a      | Interfrange $i$                     | Observation                    | Conclusion<br>Ou expression à éliminer                  |
|-----------|-------|-------|--------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 650 nm    | 20 cm | 1,5 m | 0,2 mm | 10i = 50,0 mm<br>i = 5,00 ± 0,08 mm | a augmente<br>i diminue        | 3) $i = D^2 a / \lambda$<br>et 4) $i = \lambda^2 a / D$ |
| 650 nm    | 20 cm | 1,5 m | 0,3 mm | 10i = 33,0 mm<br>I = 3,30 ± 0,08 mm |                                |                                                         |
| 650 nm    | 20 cm | 1,5 m | 0,2 mm | 10i = 50,0 mm<br>i = 5,00 ± 0,08 mm | $\lambda$ augmente, i augmente | 3) $i = D^2 a / \lambda$                                |
| 532 nm    | 20 cm | 1,5 m | 0,2 mm | 10i = 40,0 mm<br>i = 4,00 ± 0,08 mm |                                |                                                         |
| 650 nm    | 20 cm | 2 m   | 0,2 mm | 10i = 70,0 mm<br>i = 7,00 ± 0,08 mm | D augmente, i augmente         | 4) $i = \lambda^2 a / D$                                |
| 650 nm    | 20 cm | 1,5 m | 0,2 mm | 10i = 50,0 mm<br>i = 5,00 ± 0,08 mm |                                |                                                         |
| 650 nm    | 20 cm | 1,5 m | 0,2 mm | 10i = 50,0 mm<br>i = 5,00 ± 0,08 mm | d n'a pas d'influence sur i    | 5) $i = \lambda^2 d / a$                                |
| 650 nm    | 40 cm | 1,5 m | 0,2 mm | 10i = 50,0 mm<br>i = 5,00 ± 0,08 mm |                                |                                                         |

Conclusion : on retient l'expression 1)  $i = \lambda D^2 / a$

## B) Etude quantitative : Comment déterminer la longueur d'onde $\lambda$ d'un faisceau laser ?

- On retient  $i = \lambda \times D / a$
- Pour différentes valeurs de  $a$  ( $D$  fixe et  $\lambda$  fixe), mesurer l'interfrange  $10i$  pour avoir le plus de précision possible.
- Dans un tableur sur Excel, saisir manuellement  $10i$  et  $a$ .
- Dans la feuille de calcul, calculer  $i$ ,  $D/a$ .
- Tracer  $i = f(D/a)$  ou une autre courbe qui donne une fonction linéaire et pour laquelle  $\lambda$  est le coefficient directeur.
- Modéliser en fonction linéaire, le coefficient directeur sera la longueur d'onde du laser  $\lambda$ .
- Introduire l'erreur en X et l'erreur en Y, Excel calcule alors l'incertitude élargie sur la longueur d'onde (dans un intervalle de confiance à 95 %,  $k=2$ ) et donne  $(\lambda \pm U(\lambda))$  m.

Erreur en Y :

On prend 10 interfranges afin de diminuer l'incertitude élargie et gagner en précision.

On utilise une règle, double lecture :  $U(10i) = \pm 0,8$  mm

Incertitude élargie sur  $i$  dans un intervalle de confiance à 95 % :  $U(i) = U(10i) / 10 = \pm 0,08$  mm

Erreur en X :

Donnée du fabricant : tolérance sur  $a$  :  $\pm 1$  % de la valeur de  $a$  dans la limite de  $1$   $\mu$ m.

$U(a) = \pm 1$   $\mu$ m

Incertitude élargie sur  $a$  :  $U(a) = \pm 1$   $\mu$ m

On prend l'incertitude élargie sur la plus petite dimension de fente afin d'avoir la plus grande incertitude élargie sur  $D/a$ .

Incertitude élargie sur  $D$  : mesurée à l'aide du décimètre,  $U(D) = \pm 0,8$  mm

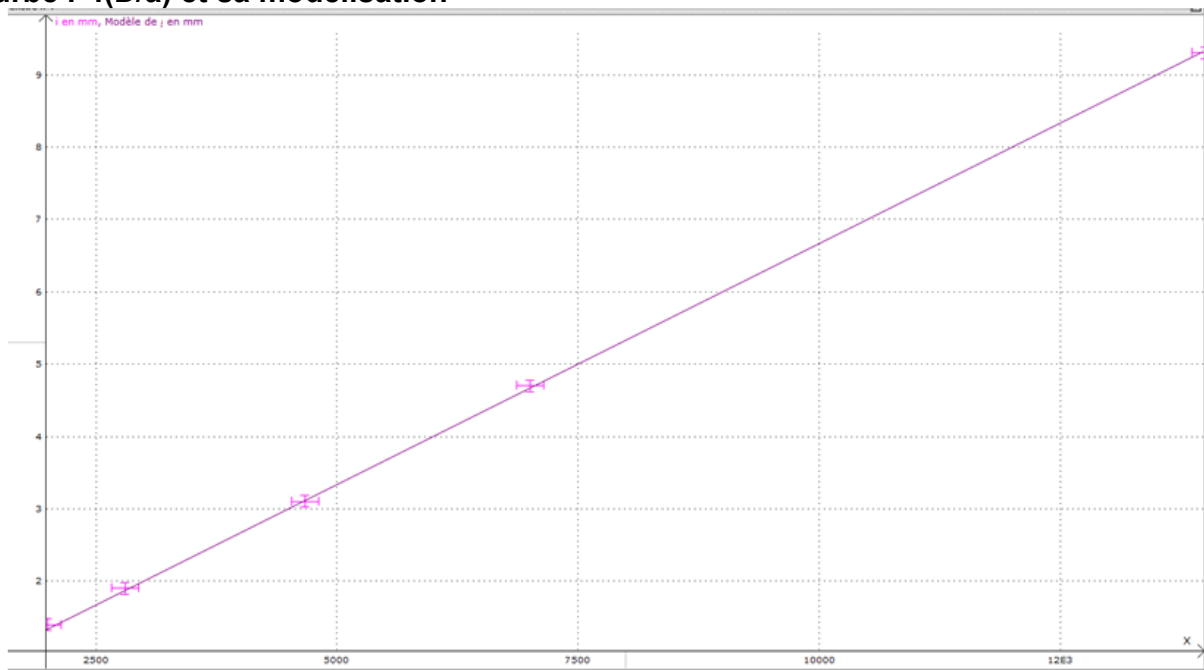
Incertitude élargie (intervalle de confiance à 95 %)

$$U(D/a) = (D/a) \sqrt{(U(D)/D)^2 + (U(a)/a)^2} = (1\,400,0 / 0,100) \sqrt{(0,8/1400,0)^2 + (1/100)^2} = \pm 140 \text{ nm}$$

Proposition : tracer  $i = f(D/a)$

Nous avons utilisé le laser rouge  $\lambda = 650$  nm (donnée fabricant).

### La courbe $i=f(D/a)$ et sa modélisation



**Conclusion :**

$$\lambda = (667 \pm 5) \text{ nm d'où } 662 \text{ nm} < \lambda < 672 \text{ nm}$$

$$\text{Ecart relatif : } (667 - 650) \times 100 / 650 = 2,6 \%$$

$$\text{Incertitude relative : } (5 \times 100) / 667 = 0,75\%$$