

# Interférométrie

*Comment améliorer la résolution des images données par les télescopes ?*

## I. Principe

Du fait de la très grande sensibilité des figures d'interférences aux conditions expérimentales, les mesures par interférences, ou interférométrie, se sont répandues dans de nombreux secteurs, comme dans l'industrie, pour la mesure de très faibles variations d'épaisseur. En astronomie, on s'arrange pour observer la même source en deux endroits à l'aide de deux télescopes et l'on fait interférer les deux images. L'évolution de la figure d'interférences obtenue en fonction de l'écartement des télescopes permet de remonter aux dimensions de la source observée. On va ici modéliser les deux télescopes par deux fentes. Pour augmenter la résolution de l'image, les astronomes doivent diminuer l'interfrange sur les figures d'interférence réalisées.

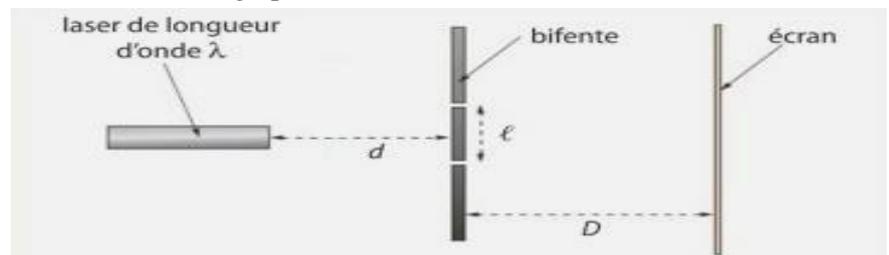


Fig. 1 Le Grand Interféromètre à 2 Télescopes (GI2T) sur le plateau de Calern, en France.

## II. Réaliser :

Matériel disponible : Bifentes calibrées, écran, décimètre, tableur grapheur

Réaliser, le montage des bifentes de Young

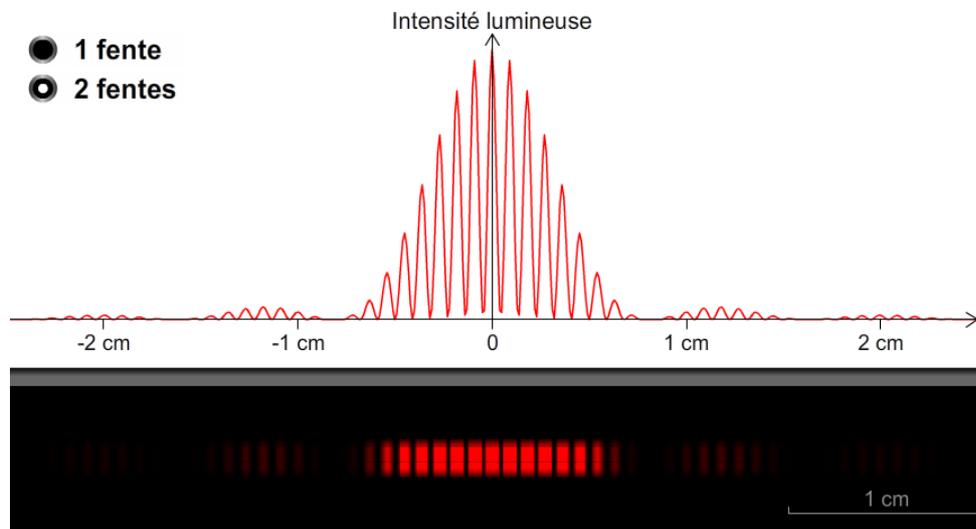


## III. Analyser :

1. Qu'appelle-t-on interférences ?

Les interférences sont le résultat de la superposition de deux ondes de même nature et de même longueur d'onde.

2. Dessiner la figure obtenue sur l'écran et noter les observations.



On observe des zones brillantes et sombres espacées régulièrement sur un fond de tache de diffraction.

3. Que peut-on dire sur les deux ondes lumineuses issues des fentes en un point d'une zone brillante ?  
Que peut-on dire sur les deux ondes lumineuses issues des fentes en un point d'une zone sombre ?

En un point de l'écran d'une zone brillante, les deux ondes lumineuses sont en phase, elles interfèrent de manière constructive.

En un point d'une zone sombre sur l'écran, les ondes sont en opposition de phase, elles interfèrent de manière destructive.

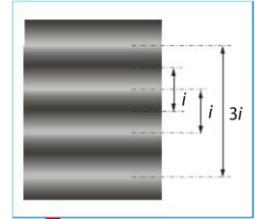
3. Recenser les paramètres expérimentaux susceptibles d'influencer la figure d'interférences obtenue.

- L'espace entre les fentes  $\ell$ ,
- la distance fente écran  $D$ ,
- la distance laser-fente  $d$ ,
- la longueur d'onde de la lumière laser  $\lambda$ ,

sont les paramètres expérimentaux susceptibles d'influencer la figure d'interférences obtenue.

Mesures et exploitation

La figure d'interférences est caractérisée par l'interfrange, noté  $i$ , qui est la distance séparant deux franges brillantes (ou deux franges sombres) consécutives sur l'écran voir figure ci-contre. Pour augmenter la précision des mesures, on effectuera la moyenne sur l'ensemble des interfranges de la figure.



5. Pour au moins 5 valeurs différentes de la distance  $D$  et sans modifier d'autres paramètres, relever la valeur de l'interfrange  $i$ . Faire apparaître les résultats dans un tableau en précisant les incertitudes de mesures sur  $i$  et  $D$ . A l'aide du tableur-grapheur Regressi, modéliser la courbe  $i = f(D)$ . Reporter à main levée cette courbe et noter son équation.

On choisit la double fente d'écartement  $b = 0,2\text{mm}$  pour toutes les mesures.

On fait varier la distance  $D$  entre la double fente et l'écran. On mesure l'interfrange  $i$  pour chaque expérience.

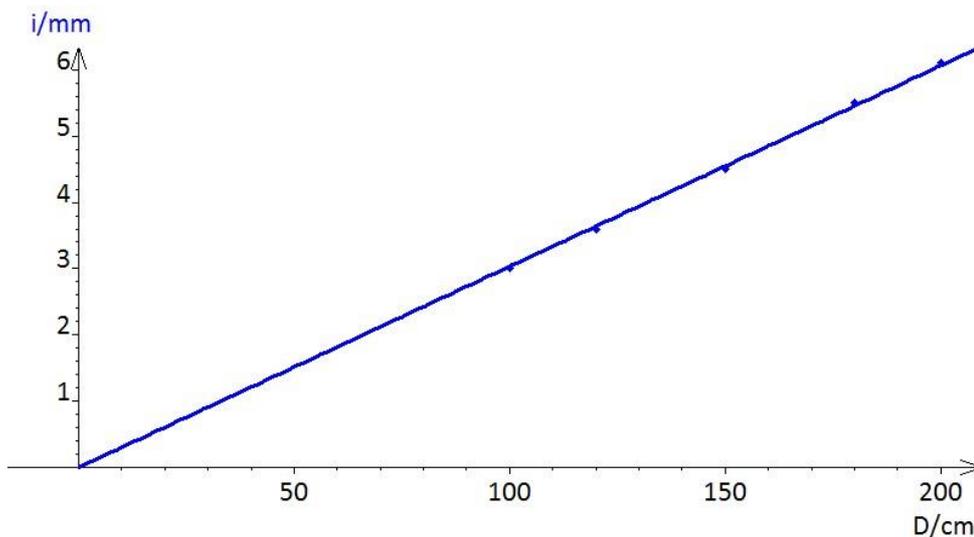
D (cm)	10.i (mm)	i (mm)
100	30	3
120	36	3,6
150	47	4,7
180	55	5,5
200	61	6,1

$U(D) = 0,1 \text{ cm}$   
 $U(i) = 0,6 \text{ mm}$  (voir formule donnée)

Résultats

$D = (100,0 \pm 0,1) \text{ cm}$   
 $10i = (30,0 \pm 0,6) \text{ mm}$   
 $i = (3,00 \pm 0,06) \text{ mm}$

Courbe  $i = f(D)$



$i = kxD$

avec  $k = (30,3 \pm 0,4) \cdot 10^{-4}$

6. Sur la diapo, on trouve 3 bifentes correspondant à des distances  $l$  entre les fentes suivantes : 0,2 mm, 0,3 mm et 0,5 mm. Déterminer sur le même principe qu'à la question 5 la relation entre  $i$  et  $l$ .

Pour un écartement des 2 fentes  $l = 0,2\text{mm}$ , on mesure 10 interfranges pour améliorer la précision puis on divise par 10 le résultat de la mesure (47mm), soit  $i_1 = 4,7\text{mm}$

Pour un écartement des 2 fentes  $l = 0,3\text{mm}$ , on mesure 31mm pour 10 interfranges, soit  $i_2 = 3,1\text{mm}$

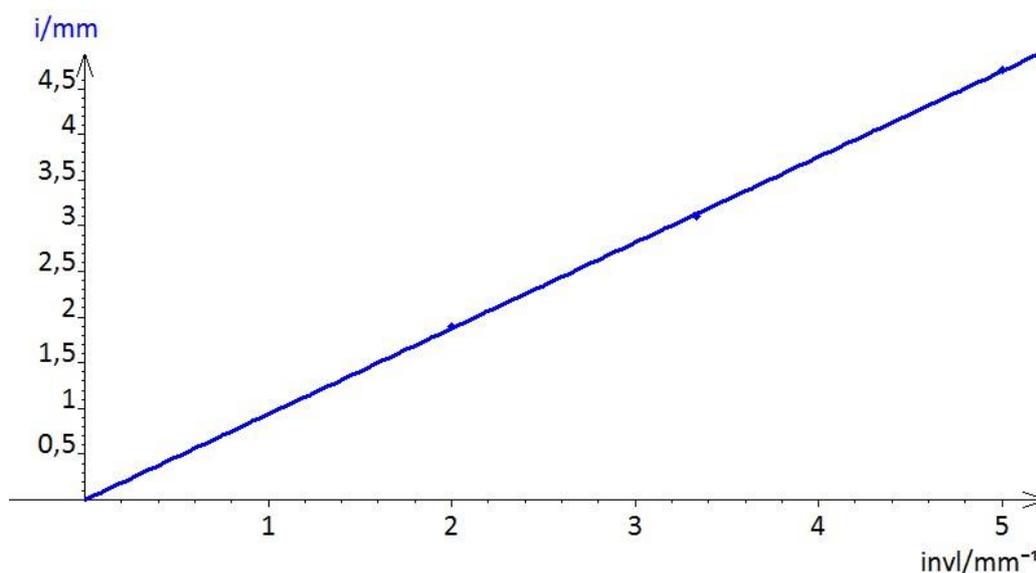
Pour un écartement des 2 fentes  $l = 0,5\text{mm}$ , on mesure 19mm pour 10 interfranges, soit  $i_3 = 1,9\text{mm}$

On constate que lorsque  $l$  augmente,  $i$  diminue.

écartement $b$ en $10^{-3}$ m	0,2	0,3	0,5
interfrange $i$ en $10^{-3}$ m	4,7	3,1	1,9

On tracera donc la courbe  $i$  en fonction de  $1/l$  et non  $i$  en fonction de  $l$ .

Courbe  $i = f(1/l)$



$$i = k \cdot (1/l) = k/l$$

$$k = (938 \pm 18) \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$$

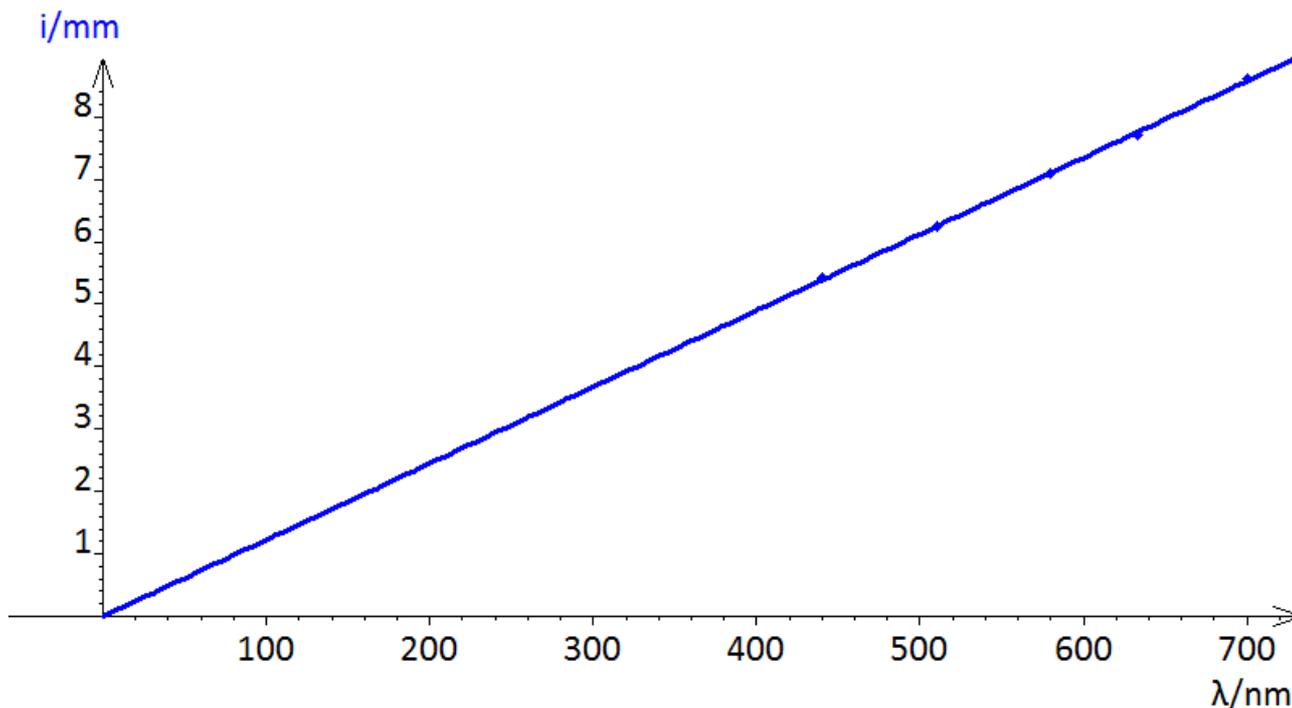
7. À l'aide de l'animation

[http://espace-lycee.editions-bordas.fr/9782047329313/asset/732931\\_P1S4\\_act4\\_interferences\\_html5/index.html](http://espace-lycee.editions-bordas.fr/9782047329313/asset/732931_P1S4_act4_interferences_html5/index.html)  
déterminer la relation entre l'interfrange  $i$  et la longueur d'onde  $\lambda$  de la source de lumière.

On se place dans le cas où  $D = 1,9 \text{ m}$  et  $l = 150 \mu\text{m}$ .

$\lambda$ (nm)	$i$ (mm)	$U(i)$ (mm)
700	8,6	0,1
633	7,7	0,1
580	7,1	0,1
510	6,25	0,08
440	5,42	0,08

### Courbe $i = f(\lambda)$



$$i = k \cdot \lambda$$

$$k = (12,25 \pm 0,07) \cdot 10^{-3}$$

### IV. Valider :

8. A l'aide des résultats précédents, déduire l'expression correcte de l'interfrange  $i$  dans le cas des bifentes de Young.

**a.**  $i = \lambda \cdot \ell / D$ ;

**b.**  $i = \lambda \cdot d / \ell$ ;

**c.**  $i = \ell / D$ ;

**d.**  $i = \lambda / \ell$ ;

**e.**  $i = \lambda \cdot D / \ell$ ;

**f.**  $i = \lambda \cdot D \cdot \ell$ .

L'interfrange est proportionnel à la distance  $D$  (entre la bifente et l'écran) et à la longueur d'onde  $\lambda$ . Par ailleurs, il est inversement proportionnel à la distance  $l$  entre les fentes. La relation donnant l'interfrange  $i$  est donc :

$$i = \frac{\lambda \cdot D}{l}$$

9. Identifier le paramètre sur lequel peuvent jouer les astronomes pour améliorer la résolution de l'image.

Afin d'améliorer la résolution de l'image, il est nécessaire de diminuer l'interfrange sur les images obtenues. Les astronomes ne peuvent pas faire varier la distance  $D$  ou la longueur d'onde  $\lambda$ , le paramètre sur lequel ils peuvent jouer est la distance  $l$  entre les deux télescopes.

En éloignant les télescopes, on diminue l'interfrange.

**Compétences mises en jeu dans ce TP**

Compétences	Questions	Compétences détaillées
S'approprier	I.1, I.3 I.1, I.2	Mobiliser ses connaissances Rechercher et extraire l'information
Analyser	III.1	Formuler une hypothèse
Réaliser	III.2, III.3, III.4	Utiliser l'outil informatique Suivre un protocole Effectuer des mesure avec précision
Valider	IV	Valider ou infirmer une hypothèse Proposer une modélisation