

# Mesurer la séparation angulaire de Mira AB

Terminale spécialité Physique-Chimie · Interférences

## 1. Figure obtenue avec une source hors de l'axe

### 1.1. Différence de marche au point $O$

La droite pointillée perpendiculaire au rayon inférieur délimite le trajet supplémentaire parcouru par l'onde qui atteint la fente inférieure. Dans le triangle rectangle ainsi formé :

$$\delta = a \sin \alpha.$$

Pour un petit angle exprimé en radians,  $\sin \alpha \simeq \alpha$ . On obtient donc :

$$\boxed{\delta \simeq a\alpha}.$$

### 1.2. Condition d'interférences destructives

Deux ondes interfèrent de manière destructive lorsque :

$$\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right) \lambda, \quad k \in \mathbb{Z}.$$

Pour la première interférence destructive,  $k = 0$ , donc  $\delta = \lambda/2$ . Avec  $\delta \simeq a\alpha$  :

$$a\alpha = \frac{\lambda}{2} \quad \Rightarrow \quad \boxed{a = \frac{\lambda}{2\alpha}}.$$

## 2. Deux sources lumineuses à l'infini

### 2.1. Disparition des franges

L'étoile A se trouve sur l'axe : au point  $O$ , les deux ondes issues de A ont une différence de marche nulle et interfèrent constructivement.

Pour l'étoile B, la situation est celle de la partie 1 : l'angle  $\alpha$  est maintenant la séparation entre les directions des étoiles A et B. Lorsque :

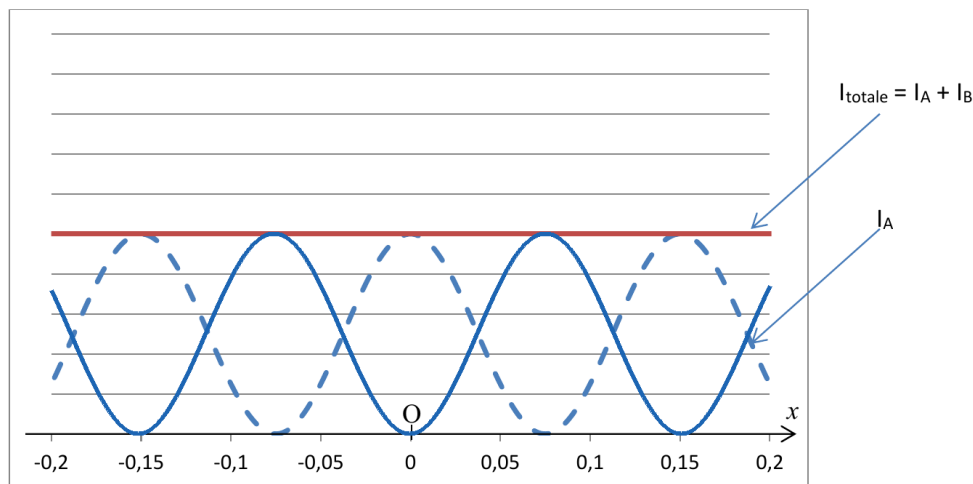
$$a = \frac{\lambda}{2\alpha},$$

les ondes issues de B interfèrent destructivement au point  $O$ . Plus généralement, la figure d'interférences de B est alors décalée d'une demi-frange par rapport à celle de A : les maxima de l'une correspondent aux minima de l'autre.

Les étoiles A et B étant incohérentes, leurs intensités s'ajoutent. Si leurs contributions ont la même amplitude, les variations se compensent en tout point et l'intensité totale devient uniforme. On n'observe plus de franges.

### 2.2. Graphe complété

Comme  $I = I_A + I_B$ , la courbe  $I_B$  doit être maximale lorsque  $I_A$  est minimale, et inversement. Elle est donc en opposition avec la courbe en pointillés.



*Correction du graphe — La courbe bleue pleine représente  $I_B = I - I_A$ .*

**Point essentiel sur la cohérence.** Les deux étoiles ne produisent pas de franges en interférant directement l'une avec l'autre. Chaque étoile produit sa propre figure grâce aux deux voies cohérentes issues de cette même étoile ; le détecteur additionne ensuite les deux intensités.

### 3. Mesure réelle de Mira AB avec ALMA

#### 3.1. Séparation angulaire

Au premier minimum de contraste, la relation 1 s'applique directement à la séparation angulaire  $\alpha$  :

$$\alpha = \frac{\lambda}{2a} = \frac{1,30 \times 10^{-3}}{2 \times 283,5} = \boxed{2,29 \times 10^{-6} \text{ rad}}.$$

#### 3.2. Distance entre les deux étoiles

La géométrie du système conduit à :

$$AB \simeq \alpha D.$$

La distance du système vaut :

$$D = 300 \times 9,46 \times 10^{15} = 2,84 \times 10^{18} \text{ m}.$$

Ainsi :

$$AB = 2,29 \times 10^{-6} \times 2,84 \times 10^{18} = 6,51 \times 10^{12} \text{ m},$$

puis :

$$AB = \frac{6,51 \times 10^{12}}{1,50 \times 10^{11}} = \boxed{43,4 \text{ au}}.$$

#### 3.3. Interprétation

La séparation projetée de Mira A et Mira B vaut environ :

$$\frac{43,4}{30,1} \simeq 1,44$$

fois la distance moyenne Soleil-Neptune. Les deux membres du système binaire sont donc séparés par une distance du même ordre de grandeur que celle d'un grand système planétaire, mais leur écart angulaire vu depuis la Terre n'est que de  $2,29 \times 10^{-6} \text{ rad}$ .

**Fil du raisonnement.** La maquette établit la relation entre le décalage de deux figures d'interférences et l'angle séparant deux sources. ALMA repère la base correspondant au premier minimum de contraste ; cette base donne  $\alpha$ , puis la distance connue de Mira AB permet d'en déduire  $AB$ .