Opt7n – INTERFÉRENCES

Auteur : Frédéric Marquet **TI-Nspire™ CAS**

Mots-clés : interférences, interfrange.

Fichiers associés : Interferences_eleve_CAS.tns, Interferences_prof_CAS.tns, Opt7nElev_Interferences.pdf.

1. Objectifs

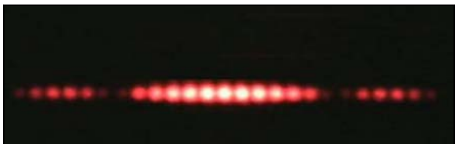
- Comprendre le phénomène d'interférences,
- Utiliser une figure d'interférence pour déterminer la longueur d'onde d'un LASER.

2. Énoncé

« Lorsqu'on observe certains coquillages, on peut percevoir des irisations. On observe le même phénomène avec une bulle de savon ou bien quand une fine couche d'huile se trouve à la surface de l'eau.
Ce phénomène est dû au phénomène physique connu sous le nom d'interférences lumineuses.

Au laboratoire, on peut étudier ce phénomène en lumière monochromatique avec un LASER grâce au dispositif des fentes d'Young.».

► **Comment utiliser les interférences produites par des fentes d'Young pour déterminer la longueur d'onde d'un LASER ?**



Fentes d'Young : Figure d'interférence

3. Compréhension du phénomène

Voir fiche élève.

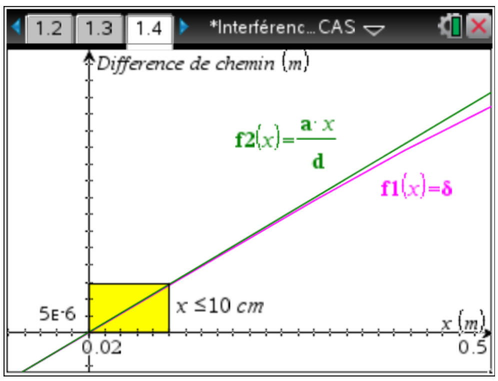
4. Calcul de l'interfrange

On trace sur le même graphique :

- La fonction $f_1(x) = \sqrt{\left(x+\frac{a}{2}\right)^2 + d^2} - \sqrt{\left(x-\frac{a}{2}\right)^2 + d^2}$,

- La fonction $f_2(x) \approx \frac{a}{d} \times x$.

On a choisi de représenter la différence de chemin optique pour $0 \le x \le 50$ cm afin de montrer le léger l'écart entre les deux courbes perceptible au-delà de 30 cm. En pratique, la zone d'intérêt se limite à $0 \le x \le 10$ cm (zone jaune sur le graphique)



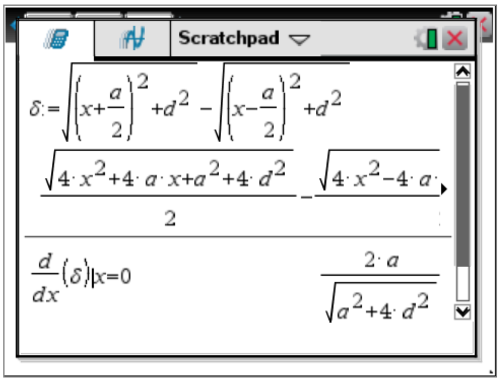
Dans les conditions de l'expérience ($d >> a$) on a bien : $\boxed{\delta(x) \approx \frac{a}{d} \times x}$.

Remarque :

On pourrait aussi utiliser la TI-Nspire et ses capacités de calcul formel pour montrer l'approximation :

- On calcule la dérivée de $\delta(x)$ au voisinage de 0. On obtient : $\delta'(0)=\dfrac{2a}{\sqrt{a^2+4d^2}}$ soit puisque $a << d$: $\delta'(0)\approx\dfrac{2a}{\sqrt{4d^2}}=\dfrac{a}{d}$.

On déduit que $\delta(x)\approx\delta'(0)\left[x-0\right]+\delta(0)=\dfrac{a}{d}\times x$.

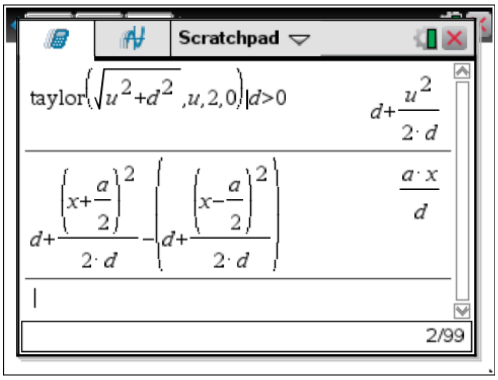


- On peut aussi utiliser la fonction « *taylor* » pour obtenir un développement limité de $f(u)=\sqrt{u^2+d^2}$.

On obtient $f(u)\approx d+\dfrac{u^2}{2d}$.

On utilise cette expression pour déduire une approximation de la différence de chemin optique :

$$\delta(x)\approx d+\frac{(x+\frac{a}{2})^2}{2d}-(d+\frac{(x-\frac{a}{2})^2}{2d})=\frac{a}{d}\times x.$$



L'expression de l'interfrange i en fonction de λ, a et d se déduit aisément :

- Le premier maximum de lumière est obtenu pour $x_0 = 0$ puisque les deux rayons parcourent la même distance avant d'arriver à l'écran. Il correspond à $k = 0$.

- Le second maximum est obtenu pour $k = 1$: la valeur x_1 associée est telle que $\delta(x_1) = \lambda$. On a donc $\delta(x_1)\approx\dfrac{a}{d}\times x_1=\lambda$ soit $x_1=\dfrac{\lambda\cdot d}{a}$.

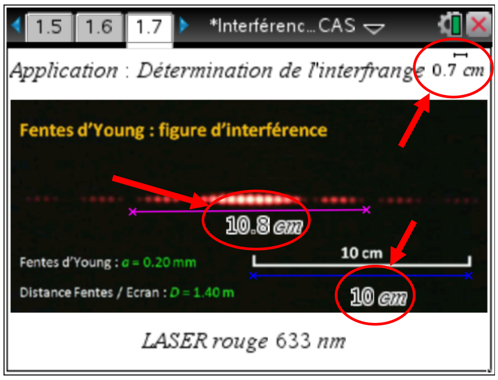
Puisque $i = x_1 - x_0$, on obtient :

$$\boxed{i=\frac{\lambda\cdot d}{a}}$$

4. Détermination de la longueur d'onde d'un LASER

En utilisant la figure d'interférence, on mesure 25 interfranges pour calculer avec le maximum de précision la valeur de l'interfrange.

N.B. Il faut modifier la valeur indiquée en dessous de l'échelle (en haut, à droite) pour que la longueur du segment bleu indique 10 cm comme sur la figure. Ensuite, il faut ajuster le segment magenta pour mesurer les 25 interfranges.



On obtient :

$$25 \times i = 10{,}8 \text{ cm},$$

Soit :

$$i = 4{,}32 \text{ mm}.$$

La longueur d'onde du LASER est donc :

$$\lambda = \frac{i \cdot a}{d} = \frac{4{,}32 \cdot 10^{-3} \times 0{,}20 \cdot 10^{-3}}{1{,}40} = 6{,}2 \cdot 10^{-7} \text{ m}.$$

La figure d'interférence permet de déterminer que la longueur d'onde du LASER est environ $6{,}2 \cdot 10^{-7}$ m.

Le constructeur indique une longueur d'onde égale à 633 nm soit $6{,}33 \cdot 10^{-7}$ m.

L'erreur relative commise sur la détermination de λ est de 2,5 % seulement.