Trous et fentes d'Young – Source non monochromatique – Cas d'un doublet

Objectif ✔ : étudier l'influence sur l'intensité d'une source émettant un doublet de longueurs d'onde.

On envisage une source émettant deux radiations de longueurs d'onde dans le vide très proches λ_1 et λ_2 ($\lambda_1 < \lambda_2$) avec la même intensité I_0.
Exemple : lampe spectrale au sodium $\lambda_m \approx 589{,}3$ nm et $\Delta\lambda \approx 0{,}6$ nm.

Cette source est utilisée comme source primaire d'un interféromètre d'Young.
On néglige ici les problèmes de cohérence spatiale (largeur spatiale de la source) : on considère donc la source comme ponctuelle.

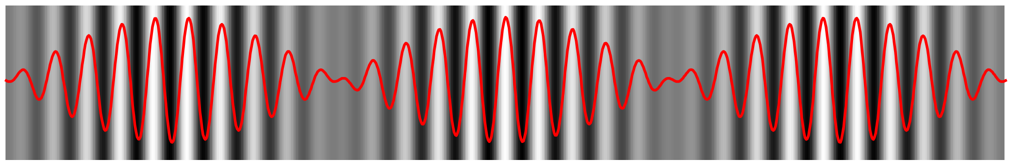
On note $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ l'écart entre les deux longueurs d'onde et $\lambda_m = \dfrac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$ la longueur d'onde moyenne avec $\Delta\lambda << \lambda_m$.

Préliminaires

1. ***Caractéristiques du doublet***
   Montrer : $\lambda_1 = \lambda_m - \Delta\lambda/2$ et $\lambda_2 = \lambda_m + \Delta\lambda/2$ puis $\lambda_1\lambda_2 \approx \lambda_m^2$ en négligeant les termes d'ordre 2 en $\Delta\lambda/\lambda_m$.

Compréhension du phénomène – Notion de cohérence temporelle

2. ***Interprétation qualitative***
   a. Deux signaux de longueurs d'onde différentes peuvent-elles interférer ?
   b. Que peut-on en déduire pour l'intensité totale (intensité due aux deux longueurs d'onde) ?
   c. Comparer les interfranges des systèmes de franges créés par λ_1 et λ_2.
   d. Observer la simulation ci-dessous, décrire et interpréter le phénomène observé.



3. ***Interprétation en termes de battements***

   Rappel (battements temporels) : $f_{\text{Battements}} = |f_2 - f_1| \Leftrightarrow \dfrac{1}{T_{\text{Battements}}} = \left|\dfrac{1}{T_1} - \dfrac{1}{T_2}\right|$.

   a. Rappeler, sans démonstration, l'expression de l'intensité I_1(M) émise par la radiation λ_1 en fonction de δ(M).
   b. En déduire (sans chercher à transformer l'expression obtenue) l'intensité I(M) due aux deux radiations λ_1 et λ_2.
   c. Par analogie avec les battements temporels (pcsi), interpréter l'allure de la courbe I(M).
   d. En déduire la périodicité spatiale $\Delta\delta_B$ des battements de I(M) en fonction de λ_m et $\Delta\lambda$.
   e. Vérifier la cohérence du résultat sur la simulation python ci-dessous.

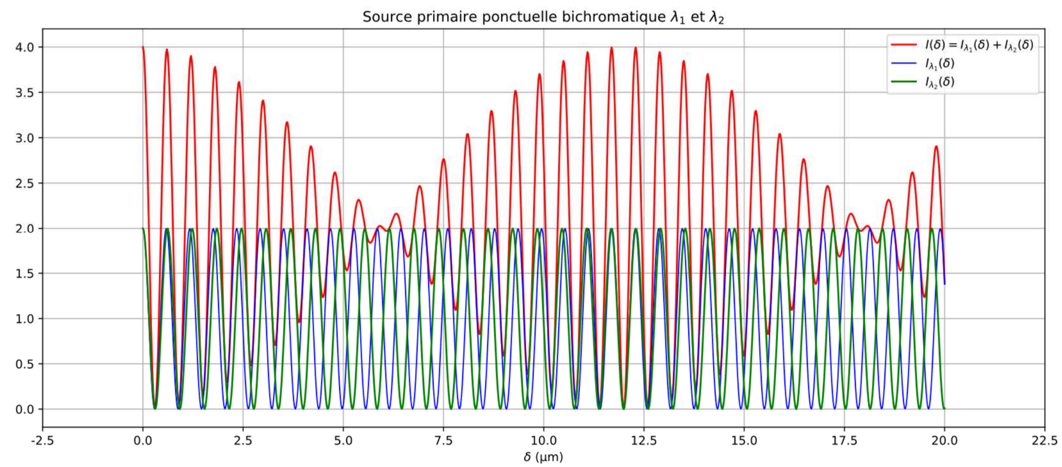
4. ***Interprétation en termes d'ordre d'interférence***
   a. Exprimer l'ordre d'interférence $p_1(\mathrm{M})$ en fonction d'un entier k_1 si on observe une frange sombre pour la radiation λ_1 en M.
   b. Exprimer l'ordre d'interférence $p_2(\mathrm{M})$ en fonction d'un entier k_2 si on observe une frange brillante pour la radiation λ_2 en M.
   c. En déduire la condition de brouillage des franges en un point M de l'écran : exprimer la valeur de la quantité $\Delta p_{1/2} = p_1 - p_2$ en fonction d'un entier m.
   d. La différence de marche δ(M) en un point M de l'écran dépend-elle de λ ?
   e. Exprimer p_1 et p_2 en fonction de δ(M) puis déduire de la condition de brouillage l'expression de la différence de marche δ_m correspondant au $m^{\text{ème}}$ brouillage.
   f. Retrouver la périodicité spatiale $\Delta\delta_B$ (écart entre les différences de marche δ_{m+1} et δ_m correspondant à deux brouillages successifs).

Complément : expression de l'éclairement <u>(facultatif : hors programme)</u>

5. Montrer que : $I(M) = 4I_0[1 + V(\delta)\cos(2\pi\dfrac{\delta}{\lambda_m})]$. Exprimer $V(\delta)$.

Applet :

Simulation python - Valeurs pour le tracé : λ_1=585 nm ; λ_2=615 nm.



Conclusion
Lorsqu'une source émet un doublet, il se produit