Chap.2 – Activités
Comment réaliser des interférences lumineuses ?

1. Etablir les conditions pour obtenir des interférences lumineuses

Activité 1 : Conditions pour obtenir des interférences lumineuses ✪

Soit deux sources ponctuelles monochromatiques S_1 et S_2, de pulsations ω_1 et ω_2.

Lorsque la source S_1 est seule, elle produit un éclairement $\varepsilon_1(M)$ en tout point M de l'espace éclairé par sa lumière.
Lorsque la source S_2 est seule, elle produit un éclairement $\varepsilon_2(M)$ au même point M, s'il est aussi éclairé par sa lumière

A. Lorsque les deux faisceaux (émis par chaque source) se croisent en un point M de l'espace, montrer que l'éclairement résultant $\varepsilon(M)$ s'écrit comme la somme $\varepsilon_1(M) + \varepsilon_2(M)$… PLUS un 3e terme

B. Montrer que si les sources sont de fréquences différentes, alors le terme d'interférence est nul.

Les deux sources ont à présent même fréquence/pulsation : $\omega_1 = \omega_2$.

C. Exprimer le terme d'interférence en fonction des retards de phase au niveau des sources $\varphi_1(S_1)$ et $\varphi_2(S_2)$.

On a vu qu'une onde parfaitement monochromatique n'existe pas.
On raffine donc : nos deux ondes sont en fait des *ondes quasi-monochromatiques*, i.e. des ondes constituées d'une succession de trains d'onde.
On repère chaque train d'onde de l'onde 1 par sa valeur de $\beta = a, b, c$ ... Tous les temps τ_c : β est incrémenté et la valeur de $\varphi_{1\beta}(S_1)$ est modifiée de manière aléatoire.
Idem pour les trains d'onde de l'onde 2 : on notera $\beta' = a', b', c'$ ... les trains d'onde successifs de l'onde 2, et on notera $\varphi_{2\beta'}(S_2)$ le retard de phase à l'émission.

D. En déduire qu'un terme d'interférence non-nul nécessite que ce soit « un même train d'onde qui interfère avec lui-même », i.e. $\beta' = \beta$ à tout instant.

E. Expliquer que la division d'un *même train d'onde père* en *deux trains d'onde fils* permet de réaliser cette condition (division du front d'onde, division d'amplitude)

Dans ce cas, les deux sources S_1 et S_2 sont *deux sources secondaires*.
Appelons *S la source primaire*.

F. Dans le cas d'une division du front d'onde, exprimer la différence $\varphi_2(S_2) - \varphi_1(S_1)$ en fonction de (SS_2) et (SS_1).

G. En déduire l'expression du terme d'interférence en fonction des chemins optiques suivants, considérés depuis la source primaire S :
$(SM)_2 \stackrel{\text{déf}}{=} (SS_2) + (S_2M)$ et $(SM)_1 \stackrel{\text{déf}}{=} (SS_1) + (S_1M)$

H. En raisonnant sur un schéma à partir du modèle de train d'onde, et en se plaçant dans le vide, montrer qu'il faut en outre que $\delta > L_c$ (se généralise dans milieux)

2. Bilan : conditions pour obtenir des interférences lumineuses

2.5 Formule de Fresnel : éclairement d'une superposition de deux ondes cohérentes

Activité 2 : Etablir la formule de Fresnel en complexe ✪

Soit **deux sources** ponctuelles monochromatiques ***cohérentes*** S_1 et S_2, de pulsations ω.

Imaginons l'énoncé de concours suivant :
« Soient deux sources S_1 et S_2 cohérentes. Démontrer la formule de Fresnel ».

Cela sous-entend deux choses :
- S_1 et S_2 sont nécessairement deux sources secondaires, issues de la division d'un faisceau lumineux primaire en deux faisceaux secondaires
- pour le calcul demandé, on se dote directement du modèle d'onde purement monochromatique, et l'on se place tout de suite en complexe.

Etablir la formule de Fresnel en utilisant la notation complexe.

4. Interprétation d'une figure d'interférences à N ondes

4.2 Calcul mathématique de l'éclairement en notation complexe

Activité 3 : Superposition de N ondes cohérentes ✪

Le réseau plan réalise N divisions du front d'onde, et les fentes peuvent donc être considérées comme des sources secondaires **cohérentes entre elles**, **de même amplitude** (fentes de même largeur, éclairées de la même façon).
Dans le cas d'interférences entre sources cohérentes, on adopte le modèle monochromatique et l'on utilise la **notation complexe** (calculs plus simples).

On considère les N ondes cohérentes issues des N fentes du réseau.
En un point M de l'écran, la différence de marche entre deux ondes consécutives (issues de deux fentes qui se jouxtent) est toujours la même et vaut δ.

Préliminaires :

- On note S_p la p^e fente
- Les retards de phase « $\varphi_p(S_p)$ » des N ondes « émises » par les fentes sont tous égaux, car ces N ondes sont issues de la division d'une même onde mère (plane et d'incidence normale) ; et le plan du réseau est confondu avec un plan d'onde de cette onde mère : les $\varphi_p(S_p)$ sont indépendantes de p
- La différence de marche entre deux ondes successives est définie par $(\forall p)$: $\delta = (S_pM) - (S_{p+1}M)$

A. Exprimer l'onde $\underline{s_p}(M,t)$ (onde émise par la p^e fente) en fonction du retard de phase à l'émission $\varphi_p(S_p)$
B. Exprimer l'onde complexe $\underline{s_p}(M,t)$ en fonction de $\underline{s_{p-1}}(M,t)$ et δ
C. Exprimer l'onde complexe $\underline{s_p}(M,t)$ en fonction de $\underline{s_1}(M,t)$, δ et p
D. Exprimer l'onde complexe totale en M : $\underline{s_{tot}}(M,t)$
E. En déduire l'éclairement $\varepsilon_{tot}(M)$ en fonction de δ :

$$\varepsilon_{tot}(M) = \epsilon_1(M)\frac{\sin^2\left(\pi \times N\frac{\delta}{\lambda}\right)}{\sin^2\left(\pi \times \frac{\delta}{\lambda}\right)}$$

On démontrera au chapitre suivant qu'en un point $M(\theta)$ de l'écran : $\delta(\theta) = a\sin(\theta)$.
Il y a donc bijection entre θ et δ. On peut donc faire comme si <u>δ repérait la position du point M</u> sur l'écran.

F. Tracer l'allure de l'éclairement en fonction de δ avec la calculatrice)
G. Donner les valeurs de δ correspondant à des des maxima principaux
H. Que peut-on dire des maxima secondaires ?
I. Exprimer la largeur $\Delta\delta$ d'un pic principal