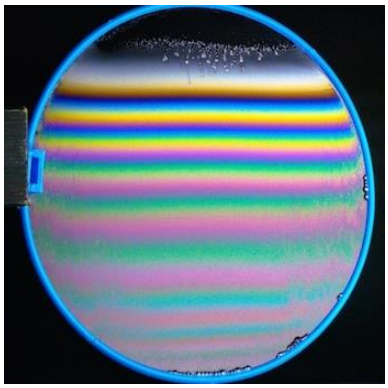
Signaux Physiques SP2 Phénomènes d'interférences

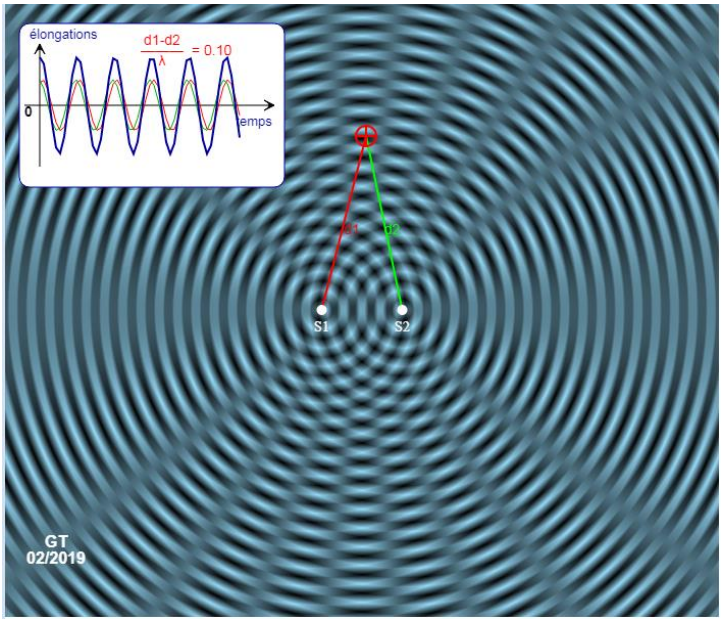
I Interférence entre deux ondes acoustiques ou mécaniques de même fréquence 1
1.) Expérience : Cuve à ondes 1
2.) Expérience : Ondes ultrasonores. 2
3.) Calcul de la différence de chemin parcourue 4
II Interférence entre deux ondes lumineuses de même fréquence : Exemple du dispositif des trous d'Young . 5
1.) Calcul de l'intensité 5
2.) Notion de chemin optique 7

http://sciencedemonstrations.fas.harvard.edu/presentations/thin-film-interference



I Interférence entre deux ondes acoustiques ou mécaniques de même fréquence

1.) Expérience : Cuve à ondes



http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/cuve_ondes/interference_ondes_circulaires.php

2.) Expérience : Ondes ultrasonores.

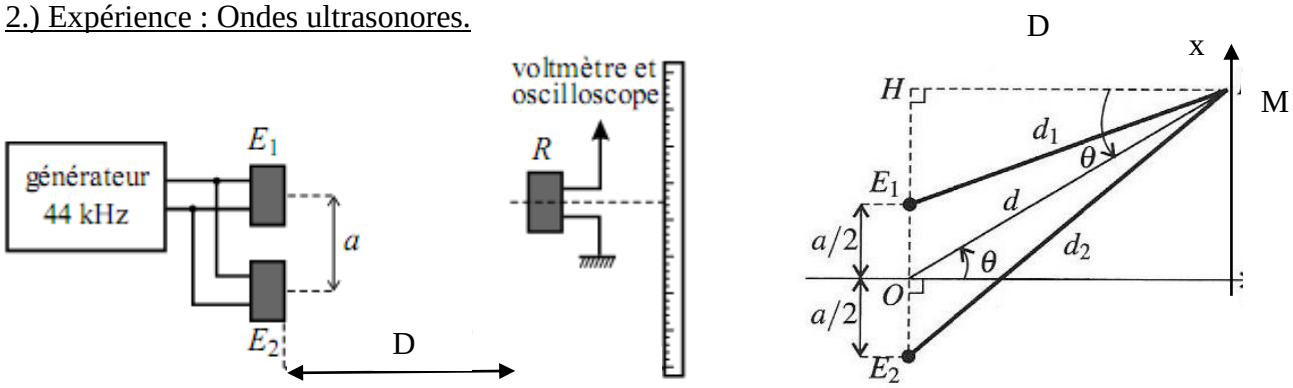
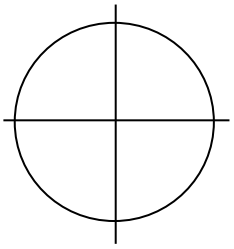


Figure 3.3 – Expérience pour l'observation des interférences d'ondes ultrasonores.

On se place en un point M fixe du champ d'observation :
$s_1(t)=A_1\cos(\omega t+\varphi_1)$ où $\varphi_1 = -kd_1+\varphi_{10}$
$s_2(t)=A_2\cos(\omega t+\varphi_2)$ où $\varphi_2 = -kd_2+\varphi_{20}$

Hypothèses :
- Les signaux sont initialement en phase. On choisit la même phase : $\varphi_{10} = \varphi_{20} = \varphi_0$
- Les signaux ont même amplitude : $A_1 = A_2 = A_0$

Rappel : $\cos p + \cos q = 2\cos(\frac{p+q}{2})\cos(\frac{p-q}{2})$



L'amplitude de l'onde résultante au point M est $A(M) = \left|2A_0 cos\left(\frac{\varphi_1-\varphi_2}{2}\right)\right|$

où $\varphi_1 - \varphi_2 = -k(d_1 - d_2) = -\frac{2\pi}{\lambda}(d_1 - d_2)$

Interférences constructives (amplitude maximale) si les signaux sont en phase :

$\varphi_1 - \varphi_2 = 2p\pi$ soit $d_2 - d_1 = p\lambda$

Interférences destructives (amplitude minimale) si les signaux sont en opposition de phase :

$\varphi_1 - \varphi_2 = \pi + 2p\pi$ soit $d_2 - d_1 = \frac{\lambda}{2} + p\lambda$

p entier relatif appelé ordre d'interférence

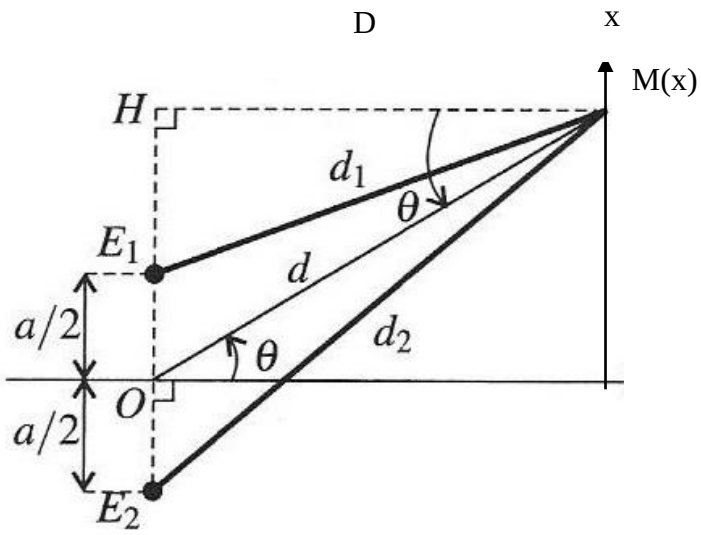
http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/general/somme.php

Remarque : Pour deux ondes d'amplitude différente, la formule des interférences permet de calculer l'amplitude résultante : $A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1\mathrm{A}_2\cos(\varphi_1 - \varphi_2)$

3.) Calcul de la différence de chemin parcourue

Si a << D et x << D, $d_2 - d_1 \approx \frac{ax}{D}$

Remarque : $(1+\epsilon)^n \approx 1 + n\varepsilon$ pour $\epsilon \ll 1$.



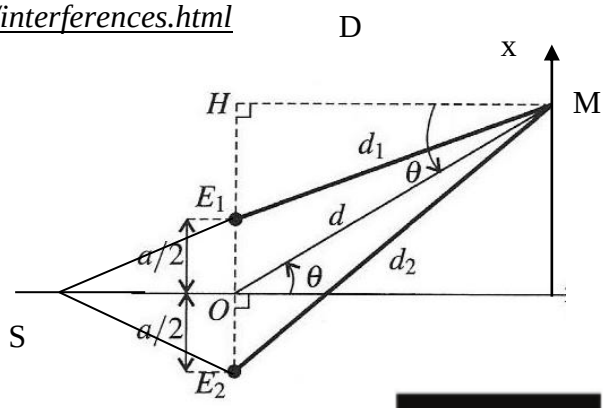
II Interférence entre deux ondes lumineuses de même fréquence : Exemple du dispositif des trous d'Young

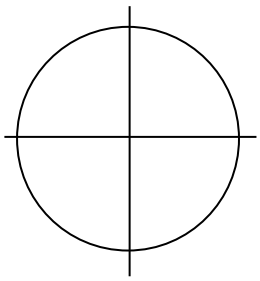
1.) Calcul de l'intensité

L'intensité de l'onde lumineuse en un point M, résultant de la superposition de deux ondes d'intensité I_1 et I_2 est donnée par la formule de Fresnel :

$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos(\varphi_1 - \varphi_2)$ où $\varphi_1 - \varphi_2 = -\frac{2\pi}{\lambda}(d_1 - d_2)$

http://ressources.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/optiondu/young.html
https://web-labosims.org/animations/interferences_deuxsources/interferences.html





2.) Notion de chemin optique

$\delta(M)$ est la différence de chemin optique, c'est-à-dire la différence entre les longueurs totales des trajets suivis par la lumière entre S et M, multipliée par l'indice optique n du milieu traversé.

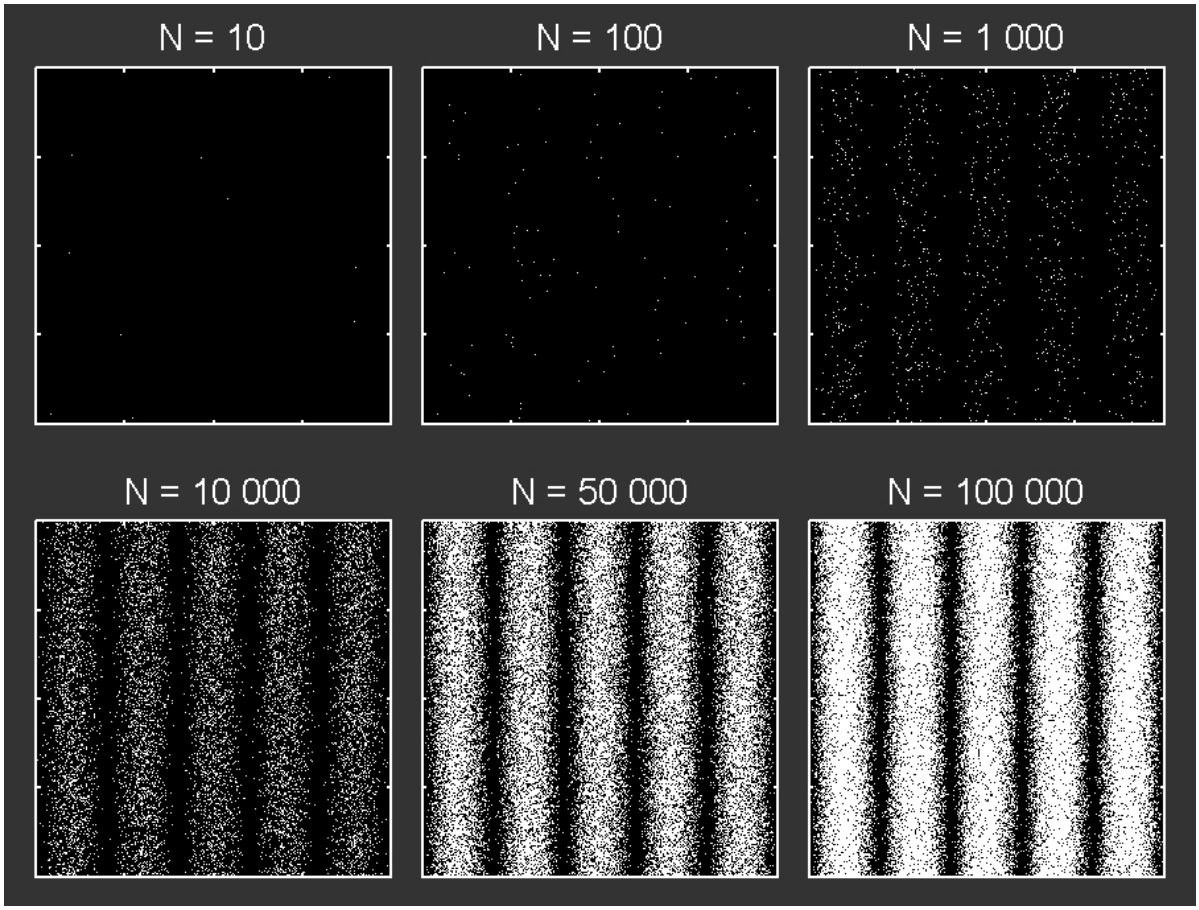
$\delta(M) = n(SE_2 + E_2M) - n(SE_1 + E_1M) = n(E_2M - E_1M) = n(d_2 - d_1) \approx n\frac{ax}{D}$ si a << D et x << D

$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{2\pi}{\lambda_0}\delta(M)$

L'interfrange correspond à la distance entre deux franges brillantes successives : $i = \frac{\lambda D}{a}$ où $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$

Conclusion : Interférences à un photon

Interférences à photons uniques.De l'expérience des fentes d'Young au choix retardé. V.Jacques-2007
https://www.youtube.com/watch?v=PaTgZrc5iYk



https://toutestquantique.fr/dualite/

Interférences avec d'autres particules
https://www.pourlascience.fr/sd/physique/des-interferences-de-molecules-filmees-en-temps-reel-11299.php