

CHAP. 14 : SUPERPOSITION DE SIGNAUX

Objectifs :

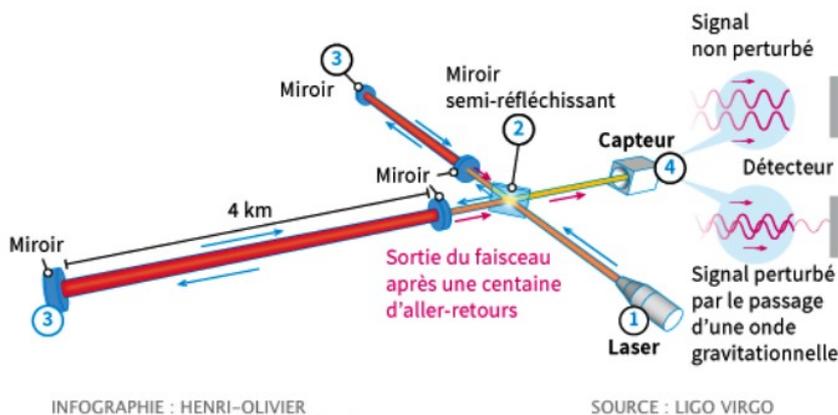
- Caractériser une onde stationnaire par l'existence de nœuds et de ventres ;
- Exprimer les fréquences des modes propres connaissant la célérité et la longueur de la corde ;
- Utiliser la propriété énonçant qu'une vibration quelconque d'une corde accrochée entre deux extrémités fixes se décompose en modes propres.
- Relier les notions sur les ondes stationnaires avec celles utilisées en musique.
- Savoir qu'une vibration quelconque d'une corde accrochée entre deux extrémités fixes se décompose en modes propres ;
- Exprimer les conditions d'interférences constructives et destructives ; Déterminer l'amplitude de l'onde résultante en un point en fonction du déphasage.
- Différence de chemin optique. Conditions d'interférences constructives ou destructives. Formule de Fresnel. Établir l'expression littérale de la différence de chemin optique entre les deux ondes. Exploiter la formule de Fresnel fournie pour décrire la répartition d'intensité lumineuse.
- Déterminer une différence relative de fréquence à partir de l'enregistrement de battements ou d'observation sensorielle directe ;
- Décrire une onde stationnaire observée par stroboscopie sur la corde de Melde ;
- Mettre en œuvre un dispositif expérimental permettant d'analyser le spectre d'un signal acoustique produit par une corde ;
- Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour visualiser le phénomène d'interférences de deux ondes.

Rapport de Jury : En optique, c'est probablement l'optique interférentielle à deux ondes qui a été la mieux réussie. Il faut toutefois que les candidats connaissent et comprennent la formule de Fresnel, sachent calculer la différence de marche au point étudié, et connaissent les conditions d'interférences constructives/destructives. Les confusions entre les conditions d'interférences portant sur le déphasage, la différence de marche ou l'ordre d'interférence sont malheureusement régulières.

Principe des interférences lumineuses :

Lorsque l'on superpose deux faisceaux monochromatiques, l'intensité qui en résulte varie spatialement entre un maximum qui dépasse la somme des intensités et un minimum qui peut être nul. Ce phénomène est appelé interférence et concerne tout phénomène ondulatoire. En optique, son observation est rendue difficile car les sources réelles ne sont jamais absolument monochromatiques : elles sont le siège de fluctuations aléatoires de phase et d'amplitude qui brouillent les interférences.

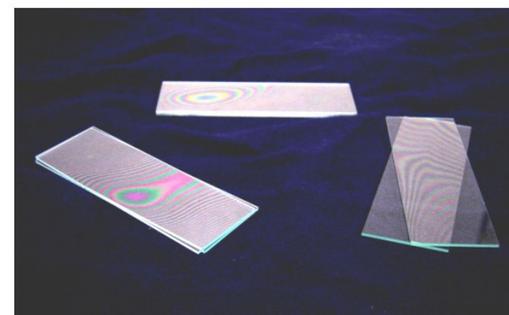
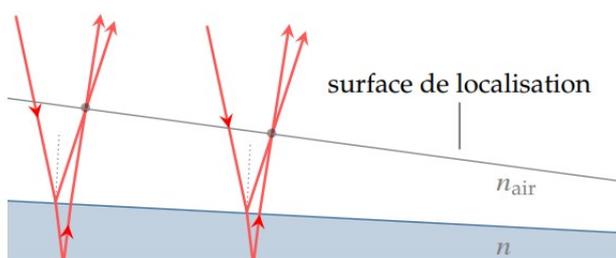
Figure 1 : principe de la détection des ondes gravitationnelles



Théoriquement le passage d'une onde gravitationnelle produit une déformation anisotrope de l'espace ce qui induit une variation différente des longueurs des deux bras d'un interféromètre. Cependant, en raison de l'extrême sensibilité nécessaire, la longueur des bras doit être de plusieurs centaines de kilomètres. Pour cela on replie le trajet optique en utilisant des réflexions multiples entre deux miroirs. Les projets LIGO et VIRGO utilisent ce type de détection et ont permis la première détection des ondes gravitationnelles, le 14 septembre 2015, soit 100 ans après la prévision d'Einstein. Celles-ci, issues de la fusion de deux trous noirs, ont voyagé durant 1,3 milliard d'années avant d'atteindre la Terre.

Figure 2 : Phénomène d'irisation

Lorsqu'une onde lumineuse arrive sur un matériau transparent d'épaisseur variable, les rayons lumineux qui se réfléchissent sur les deux faces du matériaux interfèrent donnant lieu à des irisations (huile sur le sol, bulles de savon)



I Battements

Sources non synchrones

Source 1 :
f₁ = 440 Hz



$$s_1(t) = A \cos(2\pi f_1 t)$$

Source 2 :
f₂ = 444 Hz

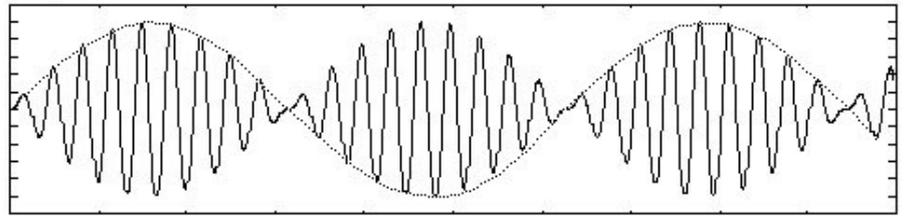


$$s_2(t) = A \cos(2\pi f_2 t)$$

Récepteur :

mathématiquement

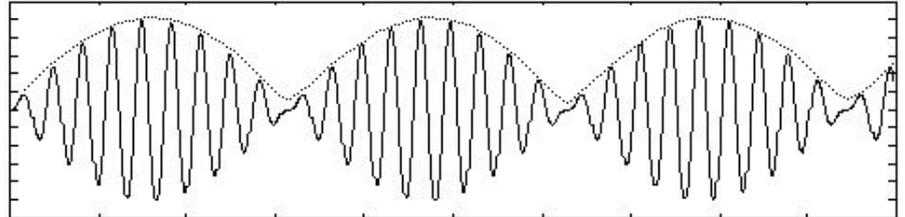
$$\frac{|f_1 - f_2|}{2}$$



Signal reçu

perceptivement

$$|f_1 - f_2|$$



II Ondes stationnaires

Longueur multiple de λ / 2

Situation	Équation	Mode 1	Mode 2	Mode 3
Corde fixée à un mur	$L = N \frac{\lambda}{2}$ $f_N = N \frac{v}{2L}$ <p>$N \in \mathbb{N}$, (N^{ième} mode d'oscillation)</p>			
Tuyau fermé-fermé				
Tuyau ouvert-ouvert				

Longueur multiple de λ / 2 plus λ / 4

Situation	Équation	Mode 1	Mode 2	Mode 3
Corde fixée à un anneau	$L = (N - 1) \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4}$ $f_N = \left(N - \frac{1}{2}\right) \frac{v}{2L}$ <p>$N \in \mathbb{N}$, (N^{ième} mode d'oscillation)</p>			
Tuyau fermé-ouvert				

Ondes stationnaires à deux dimensions : figures de Chladni



III Interférences

a) Mécaniques

Sources : synchrones et cohérentes

Source 1 :
 $f_1 = 440 \text{ Hz}$



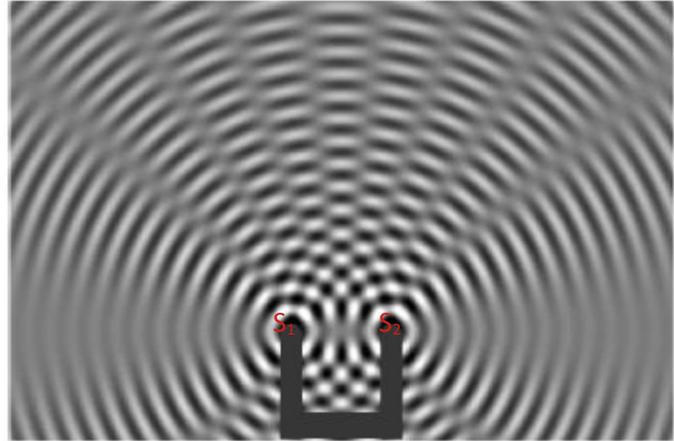
$$s_1(t) = A \cos(2\pi f_1 t)$$

Source 2 :
 $f_2 = 440 \text{ Hz}$

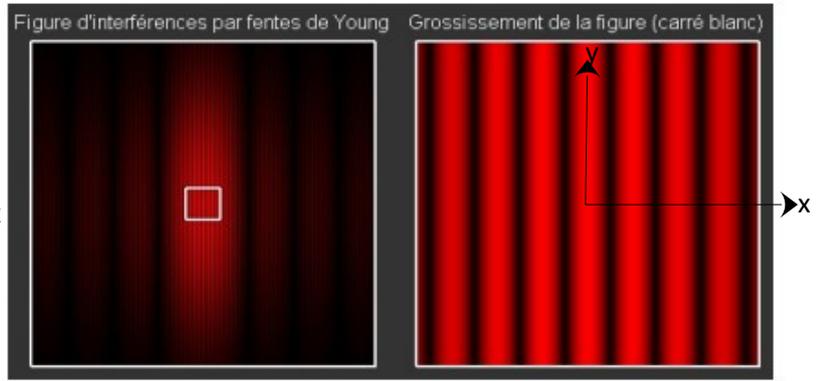
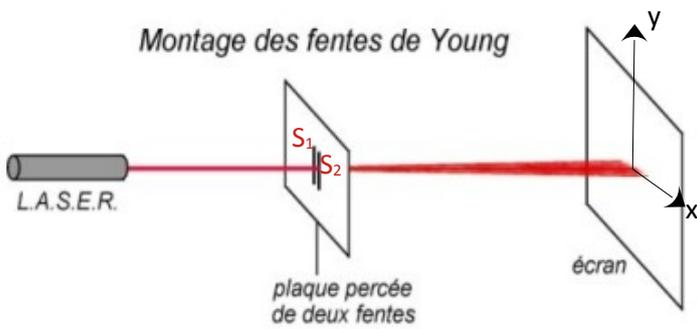


$$s_2(t) = A \cos(2\pi f_2 t)$$

La valeur du signal reçu dépend du point M de l'espace où on place le récepteur

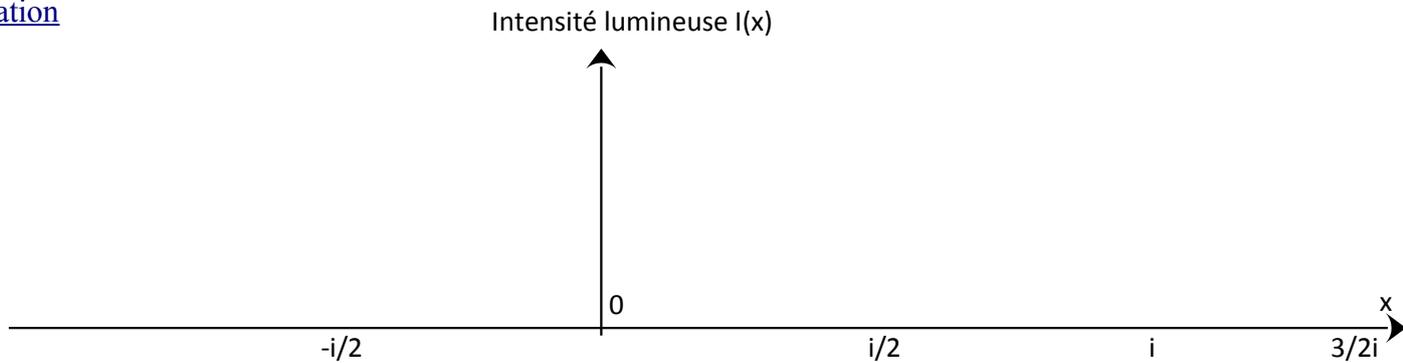


a) Lumineuses



Observations : On voit des franges brillantes et sombres rectilignes qui s'étendent dans la direction y

[simulation](#)



À ne pas confondre avec le phénomène de Diffraction !

