

Introduction : Les couleurs qui peuvent apparaître sur les bulles de savon s'appellent des couleurs interférentielles. Comment expliquer l'apparition de ces couleurs ?



I) Diffraction des ondes :

1) **Définition et condition d'observation :** vidéos avec manipulations de diffraction

<https://www.youtube.com/watch?v=rmKiNW7mtEA> ,

<https://www.youtube.com/watch?v=O7pVWVp8kMc&playnext=1&list=PL217C0EA2FE5DD3>

Animation diffraction par une fente https://www.walter-fendt.de/html5/phfr/singleslit_fr.htm



Animation diffraction onde surface de l'eau <https://www.edumedia-sciences.com/fr/media/645-onde-circulaire-vag>

Définition : Lorsqu'une onde mécanique ou électromagnétique se propageant de façonrencontre un objet ou ouverture de dimension 'a', celle-ci subit un changement de sans **modification de sa fréquence ou de sa longueur d'onde** : il y a **diffraction** de l'onde. Ce phénomène s'observe lorsque les dimensions de l'ouverture ou de l'obstacle sont de l'ordre de grandeur de la pour une onde mécanique, voire de plusieurs dizaines de longueurs d'ondes pour une

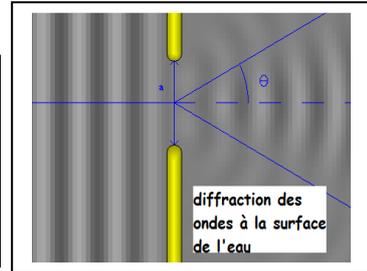
2) **Angle caractéristique de diffraction :**

L'importance du phénomène de diffraction peut être mesurée à l'aide d'un angle caractéristique de diffraction notée

$$\theta \text{ (en rad)} = \frac{\lambda}{a}$$

(avec λ : longueur d'onde de l'onde incidente en m, a :

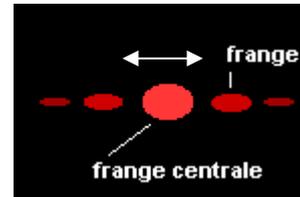
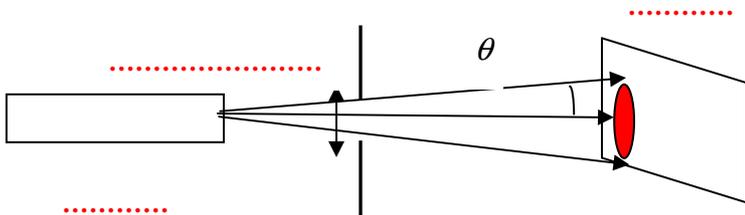
largeur de l'ouverture ou obstacle en m. Plus la largeur de a est petite devant la longueur d'onde λ plus le phénomène de diffraction est



3) **Relation entre la longueur d'onde, la taille de l'objet et l'angle de diffraction pour une fente rectangulaire :**

Activité dirigée : On réalise la diffraction des ondes lumineuses avec un laser de longueur d'onde $\lambda = 5,8 \times 10^2 \text{ nm}$ (Schéma ci-dessous)

Rappel : l'unité légale d'angle est le radian (rad). $2.\pi \text{ (rad)} = 360^\circ$



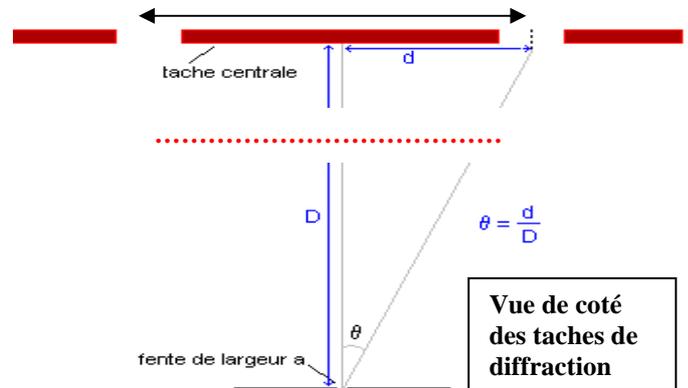
Vue de face des taches de diffraction

Questions :

1) **Légender le schéma** avec les mots : laser, fente de largeur 'a', écran, largeur L de la tache centrale, θ (écart angulaire entre la direction du laser et la droite passant par le milieu de la première extinction).

2) Avec le dessin vue de coté trouver la relation entre $\tan \theta$, d (demi largeur de la tache centrale) et D (distance fente écran) :

3) Effectuer sur votre calculatrice $\tan \theta$ avec $\theta = 0,01 \text{ rad}$.
Conclusion ?



Vue de coté des taches de diffraction

4) En déduire la relation entre θ , d (demi largeur de la tache centrale) et D (distance fente écran) : $\tan \theta \approx \theta \approx \frac{d}{D}$

5) Trouver la relation entre λ , a (largeur de la fente), d (demi largeur de la tache centrale) et D (distance fente écran) :

Pour une fente rectangulaire et en utilisant la propriété sur des petits angles $\tan \theta \approx \theta$ ainsi que l'angle de diffraction on a :

$$\frac{\lambda}{a} \approx \frac{d}{D}$$

(λ : longueur d'onde en mètre, a (largeur de la fente) en mètre, d (demi largeur de la tache centrale) en mètre et D (distance fente écran) en mètre)

4) **Cas d'une ouverture circulaire :**

Pour des ondes lumineuses et dans le cas d'une ouverture circulaire de diamètre d la relation liant l'angle de diffraction θ à la longueur d'onde λ et à d est :

$$\theta \text{ (en rad)} = 1,22 \times \frac{\lambda}{d} \quad (\lambda : \text{longueur d'onde de l'onde incidente en m, } d : \text{diamètre de l'ouverture circulaire en m)}$$

5) **Situations de diffraction :** Le phénomène de diffraction intervient dans de nombreuses situations ; lecture optique du laser sur un DVD, Blue-ray, en cristallographie pour mesurer les dimensions des ions dans le cristal, en astronomie pour augmenter la résolution, on augmente le diamètre de l'objectif pourle phénomène de diffraction .

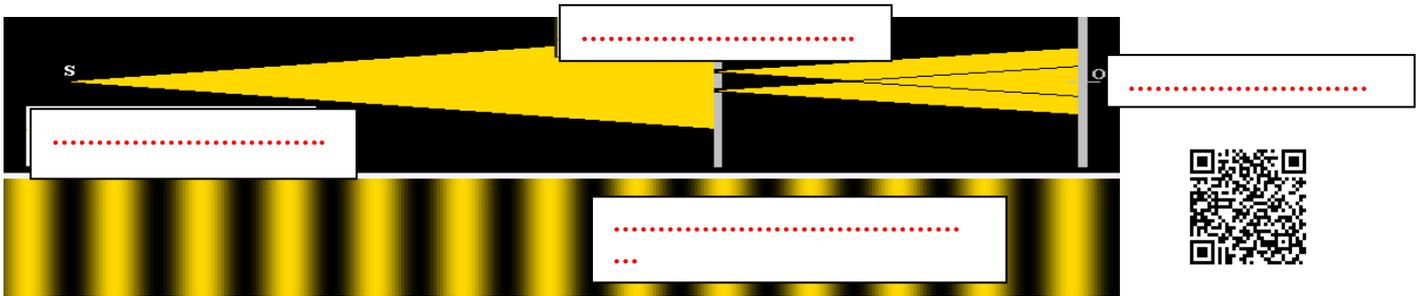
II) **Interférences :** L'astrophysique, la cristallographie, les ondes radio utilisent l'interférométrie pour mesurer des distances entre étoiles, planètes mais aussi pour mesurer des distances entre les ions d'un cristal ...

1) **Le phénomène d'interférence et conditions d'observation :** <http://anim.institutoptique.fr/>

On éclaire avec une source principale 2 ouvertures de largeur a . Celles-ci envoient à leur tour de la lumière vers un écran. Ces 2 sources, appelées sources secondaires, ont la même fréquence. On dit qu'il s'agit de sources synchrones.

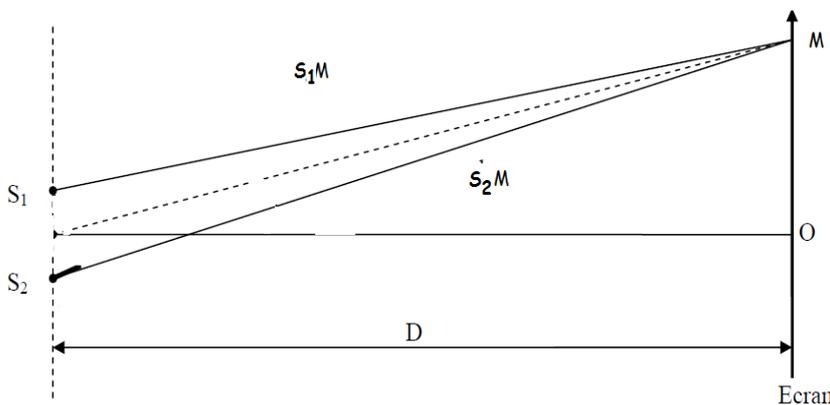
On observe une figure d'interférence.

- 1) *Quelle est l'allure de la figure d'interférence obtenue ?*
- 2) *Quels sont les paramètres qui influent la figure d'interférence ?*
- 3) *Compléter le schéma ci-dessus avec les mots source primaire, sources secondaires, figure d'interférence*



Définition : Lorsque des ondes périodiques progressives produites par 2 sources secondaires ayant la même **fréquence et vibrant en phase (sources synchrones)** dans un milieu, des interférences sont produites. Des zones d'amplitude minimales et maximales apparaissent : c'est le phénomène d'interférence.

2) **Interprétations du phénomène d'interférence :** <https://physique-chimie.discip.ac-caen.fr/spip.php?article435>



Considérons 2 sources synchrones S_1 et S_2 et un point du milieu de propagation noté M . Les 2 ondes issues des sources arrivent en M . L'une a parcouru une distance S_1M , l'autre une distance S_2M . On appelle différence de marche des rayons la différence entre S_2M et S_1M . Elle est notée

$$\delta(m) : \delta = S_1M - S_2M$$

Faire varier la différence de marche $\delta = S_2M - S_1M$ de l'animation

Dans quel cas l'interférence est constructive (maximum de lumière) ? Destructive (minimum d'éclairement) ?

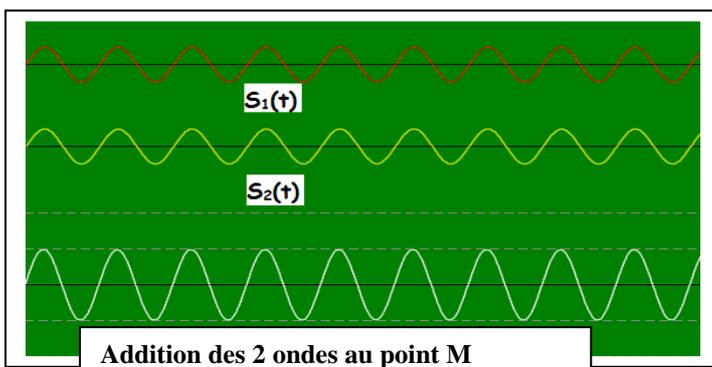
Interférences constructives et destructives : -Si la différence de marche est égale à un nombre entier de longueur d'onde, les 2 ondes, qui vont arriver en M sur l'écran, seront en Les 2 ondes ont des elongations maximales en même temps, ce qui rend leur somme maximale on dit alors que l'interférence est

$$\text{si } \delta = S_2M - S_1M = n \times \lambda$$

-Par contre lorsque la différence de marche vaut $(n + \frac{1}{2})\lambda$ ($1/2, 3/2, 5/2...$ longueur d'onde)

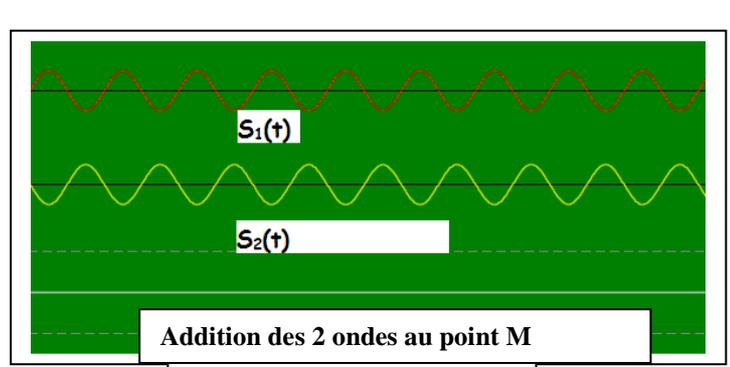
alors les 2 signaux arrivant au point M sont en La somme de des deux ondes est égale à 0, on a des

interférences destructives si $\delta = S_2M - S_1M = (n + \frac{1}{2}) \times \lambda$



Addition des 2 ondes au point M

Interférence constructive



Addition des 2 ondes au point M

Interférence destructive

https://www.walter-fendt.de/html5/phfr/doubleslit_fr.htm

3) Expression de l'interfrange pour des ondes lumineuses :

a) Cas des trous d'Young :



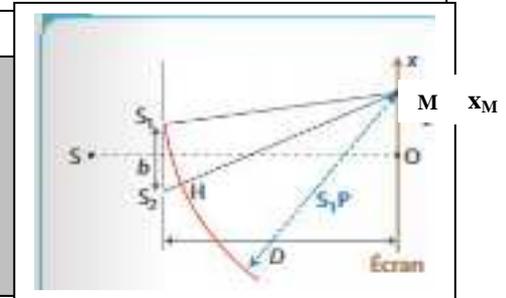
Le dispositif des trous d'Young est formé d'une plaque opaque percée de deux trous S_1 et S_2 très petits et très proches distant de b . On éclaire ce dispositif avec un laser de longueur d'onde λ et on place un écran à une distance D très grande devant b . On observe un disque haché au milieu et un cercle découpé, les deux séparés par des franges brillantes et sombres (voir figure ci-contre)

b) Différence de marche pour deux ondes lumineuses monochromatiques :

La différence de marche entre deux ondes issues de trous d'Young ou fente rectangulaire en M a pour expression :

$$\delta = S_2M - S_1M = \frac{b \times x_M}{D}$$

avec x l'abscisse de M en mètre, b la distance entre les trous d'Young ou fentes rectangulaires en mètre et D la distance fente écran en mètre.



c) Expression de l'interfrange : Démonstration : les points pour lesquels on a des interférences constructives sont tels que

$$\delta = \frac{b \times x_M}{D} = n \times \lambda \text{ soit } x_M = \frac{n \times \lambda \times D}{b}$$

, cela correspond aux franges brillantes (voir ci-dessous), ces dernières sont séparées par des franges sombres qui correspondent à des interférences destructives dont les positions sont $x_M = (n + \frac{1}{2}) \times \frac{\lambda \times D}{b}$. La distance i

(interfrange) séparant deux franges brillantes consécutives vaut $i = x_{M+1} - x_M = \frac{(n+1) \times \lambda \times D}{b} - \frac{n \times \lambda \times D}{b} = \frac{\lambda \times D}{b}$ de même pour

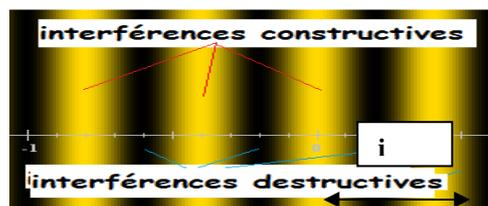
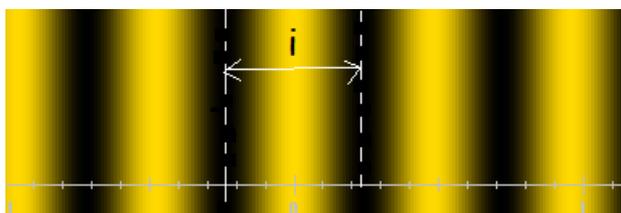
$$\text{des franges sombres } i = x_{M+1} - x_M = (n + \frac{1}{2}) \times \frac{\lambda \times D}{b} - (n + \frac{1}{2}) \times \frac{\lambda \times D}{b} = \frac{\lambda \times D}{b}$$

Dans une figure d'interférences, les franges brillantes (ou sombres) sont équidistantes. L'interfrange notée i est la distance entre deux franges brillantes (ou sombres) et elle vaut :

$$i = \frac{\lambda \times D}{b}$$

D : distance (en m) entre les sources secondaires et l'écran, **b** : distance(en m) entre les 2 sources secondaires

λ : longueur d'onde (en m) de la radiation monochromatique **i** : interfrange, (en m)



Vérifier avec l'animation que l'interfrange dépend bien de λ , D et b mais pas de la largeur de chaque fente