

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=PL217C0EA2FE5DD301>

Animation diffraction par une ouverture de petite dimension [http://www.sciences.univ-](http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/cuve_ondes/diffraction.php)

[nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/cuve_ondes/diffraction.php](http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/cuve_ondes/diffraction.php)

Animation diffraction onde lumineuses <http://scphysiques.free.fr/TS/physiqueTS/diffractionfente.swf>

Définition : Lorsqu'une onde mécanique ou électromagnétique se propageant de façon **rectiligne** rencontre un objet ou ouverture de dimension 'a', celle-ci subit un changement de **direction** 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 **longueur d'onde** pour une onde mécanique, voire de plusieurs dizaines de longueurs d'ondes pour une **onde lumineuse**.

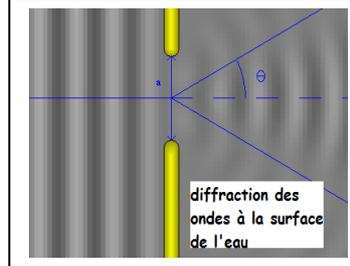
2) Angle caractéristique de diffraction :

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 :

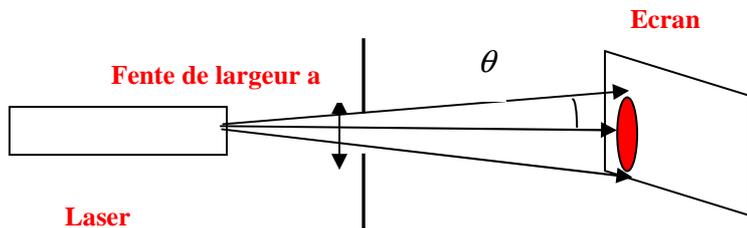
largeur de l'ouverture ou obstacle en m. Plus la largeur de a est petite devant la longueur d'onde λ plus le phénomène de diffraction est **important**.



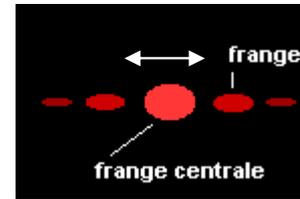
3) Relation entre la longueur d'onde, la taille de l'objet et l'angle de diffraction pour une fente rectangulaire :

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)
<http://scphysiques.free.fr/TS/physiqueTS/diffractionfente.swf>

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



Largeur L de la tache centrale



**Vue de face
des taches
de diffraction**

Questions :

1) Légende 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).

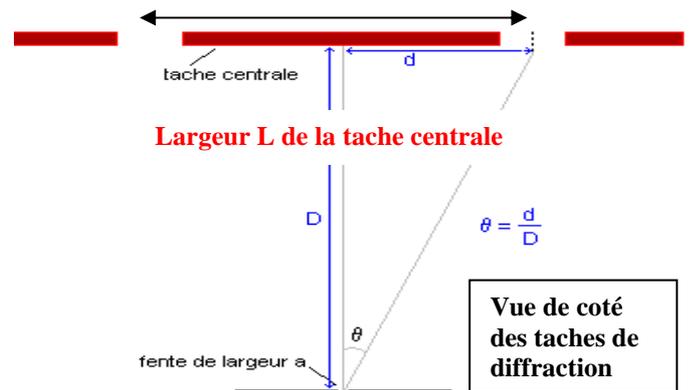
2) Avec le dessin vue de côté trouver la relation entre $\tan \theta$, d (demi largeur de la tache centrale) et D (distance fente écran) :

$$\tan \theta = \frac{d}{D}$$

3) Effectuer sur votre calculatrice $\tan \theta$ avec $\theta = 0,01 \text{ rad}$.
Conclusion ? **On constate que l'écart angulaire étant très faible, la tangente de l'angle est peu différente de la valeur de l'angle en radian: $\tan \theta \approx \theta$**

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) :



**Vue de côté
des taches de
diffraction**

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** : <http://scphysiques.free.fr/TS/physiqueTS/diffractionrou.swf>

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 :

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

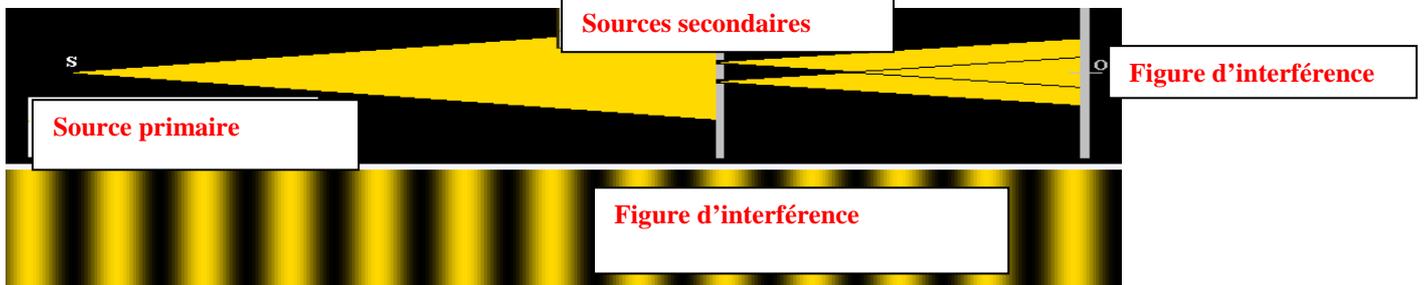
5) **Situations de diffraction** : Le phénomène de diffraction intervient dans de nombreuses situations ; lecture optique du laser sur un DVD, Blue-ray, en cristallographie pour mesurer les dimensions des ions dans le cristal, en astronomie pour augmenter la résolution, on augmente le diamètre de l'objectif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

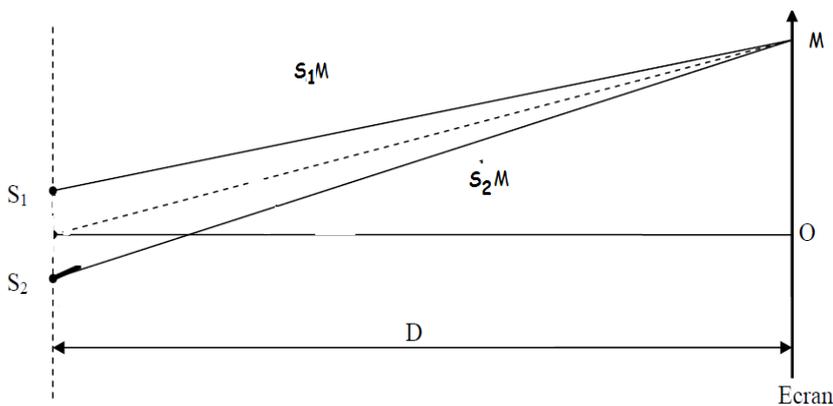
On éclaire avec une source principale 2 ouvertures de largeur a . Celles-ci envoient à leur tour de la lumière vers un écran. Ces 2 sources, appelées sources secondaires, ont la même fréquence et vibrent en phase. On dit qu'il s'agit de sources synchrones. On observe une figure d'interférence.

- 1) **Quelle est l'allure de la figure d'interférence obtenue ? On observe une figure d'interférence composée de zones lumineuses et de zones noires (absence de lumière)**
- 2) **Quels sont les paramètres qui influent la figure d'interférence ? la longueur d'onde, la distance entre les fentes, la distance fente écran influe sur la figure d'interférence (la largeur de chaque fente n'influe pas sur l'interfrange)**
- 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.

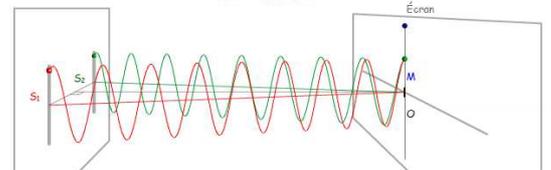
2) **Interprétations du phénomène d'interférence** : <http://scphysiques.free.fr/TS/physiqueTS/interferences.swf>



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

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

<http://scphysiques.free.fr/TS/physiqueTS/OMP4.swf>



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

<http://scphysiques.free.fr/TS/physiqueTS/interferences.swf>

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

On voit que l'interférence est constructive quand la différence de marche est un multiple de la longueur d'onde $n \times \lambda$, les deux sources vibrent en phase au point M, on a des interférences destructives quand les deux sources vibrent en opposition de phase au point M et la différence de marche vaut $(1/2, 3/2, 5/2 \dots)$ longueur d'onde.

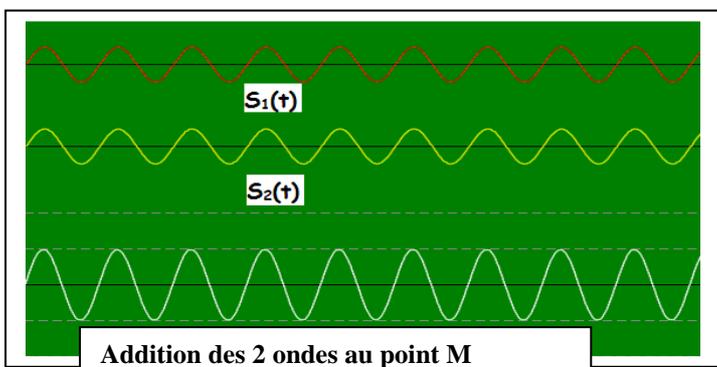
Interférences constructives et destructives : -Si la différence de marche est égale à un nombre entier de longueur d'onde, les 2 ondes, qui vont arriver en M sur l'écran, seront en **phase**. Les 2 ondes ont des elongations maximales en même temps, ce qui rend leur somme maximale on dit alors que l'interférence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

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

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

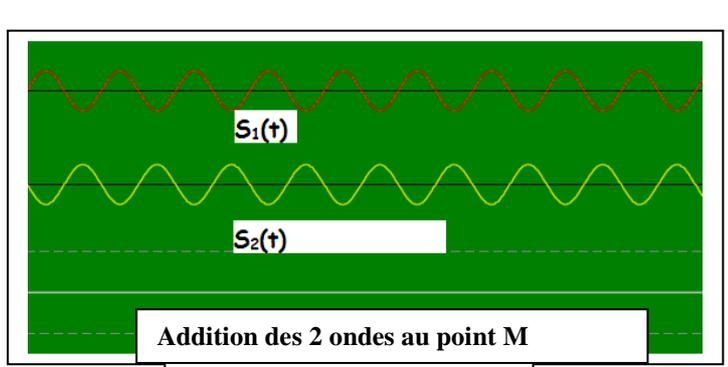
alors les 2 signaux arrivant au point M sont en **opposition de phase**. La somme de des deux ondes est égale à 0, on a des interférences destructives si

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



Addition des 2 ondes au point M

Interférence constructive



Addition des 2 ondes au point M

Interférence destructive

http://www.ac-grenoble.fr/disciplines/spc/genevieve_tulloue/file/gtulloue/Ondes/general/somme.html

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

a) Cas des trous d'Young :



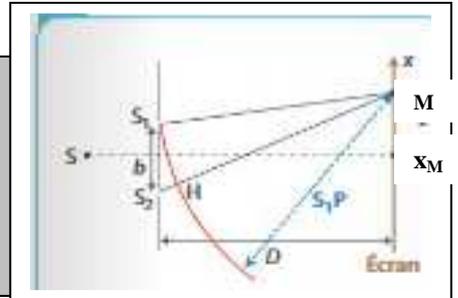
Le dispositif des trous d'Young est formé d'une plaque opaque percée de deux trous S_1 et S_2 très petits et très proches distant de b . On éclaire ce dispositif avec un laser de longueur d'onde λ et on place un écran à une distance D très grande devant b . On observe un disque haché au milieu et un 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

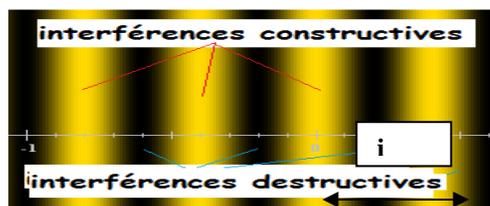
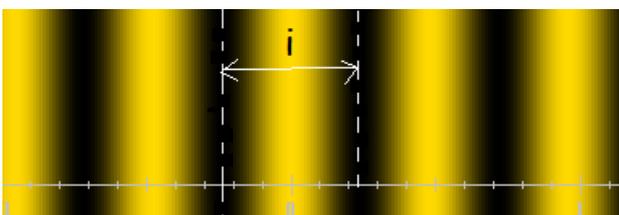
(interfrange) séparant deux franges brillantes consécutives vaut $i = x_{M+1} - x_M = \frac{(n+1) \times \lambda \times D}{b} - \frac{n \times \lambda \times D}{b} = \frac{\lambda \times D}{b}$ de même pour

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

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

<http://scphysiques.free.fr/TS/physiqueTS/young.swf>