Picard Matias
Mussard Olivier

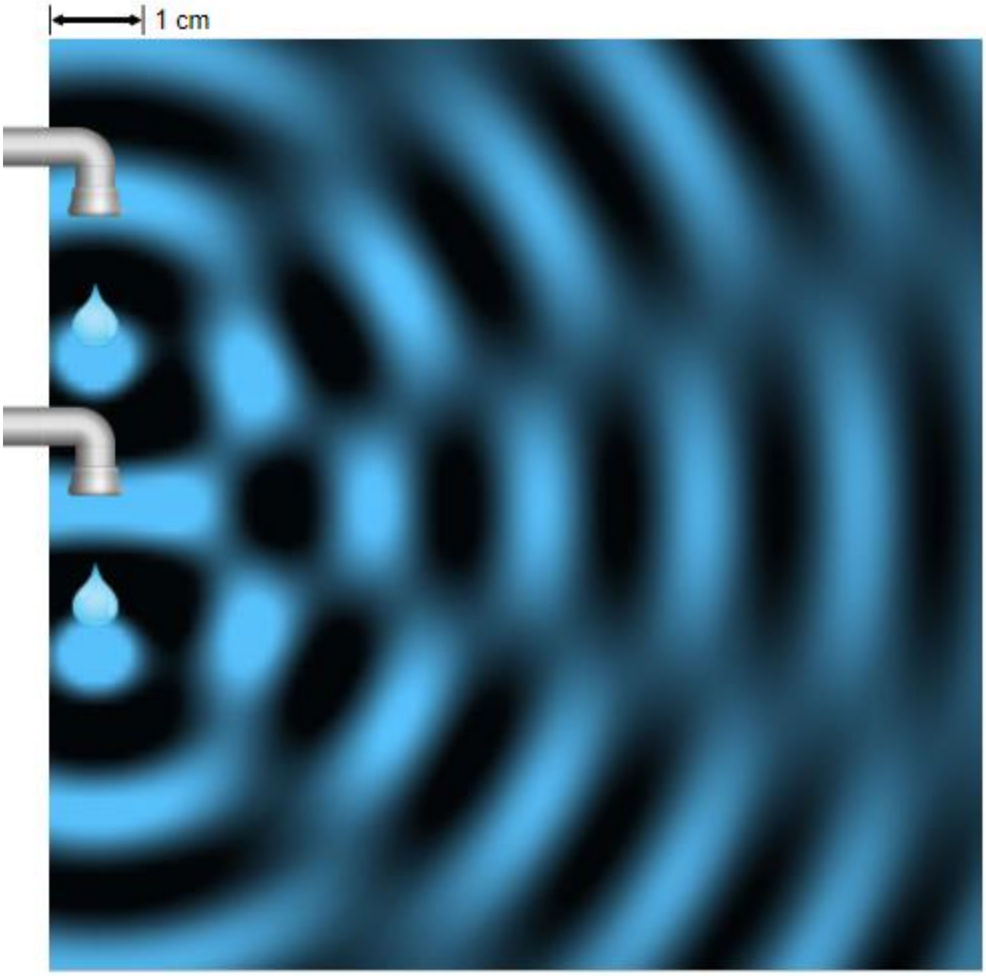
TP 12 – Interférences

A – Interférences à la surface de l'eau

1/ En observant la propagation d'une onde circulaire à la surface de l'eau sur l'animation on est en mesure de déterminer sa longueur d'onde en mesurant la distance entre deux « vagues ».
Afin d'estimer précisément cette longueur d'onde on va mesurer la distance séparant une vague d'une autre situé 4 vagues plus loin grâce à l'outil de mesure de l'animation. On obtiendra donc 5λ.
On mesure 5λ = 8,4 cm soit λ = 8,4/5 = 1,7 cm soit $1{,}7 \times 10^{-2}$ m

2/ Selon l'énoncé la différence de marche notée **δ = $|S1M - S2M|$** avec S1 la première source de l'onde, S2 la deuxième source de l'onde et M un point quelconque du champ d'interférences.
On doit vérifier dans cette question les conditions d'interférences constructives ou destructives définies par les relations suivante :
Dans le cas d'une interférence constructive on doit obtenir δ = k*λ avec k entier
Dans le cas d'une interférence destructive on doit obtenir δ = (k+1/2)λ avec k entier

Avec l'animation on a la configuration suivante :



On note S1 la source située en haut et S2 la source située en bas, on observe des zones ou l'onde apparaît bleu : il s'agit d'un « pic » , <u>l'interférence y est constructive,</u> les zones apparaissant en noir indiquent des « creux », <u>l'interférence y est aussi constructive</u>. Enfin des zones apparaissent en gris-bleu, dans ces zones les deux ondes sont en oppositions de phases, elle s'annulent on parle <u>d'interférence destructive.</u>

Première mesure : interférence constructives dans un pic,
On prend un point M du champ où l'onde apparaît en bleu sur l'animation
On mesure : S1M = 7,6 cm et S2M = 9,3 cm
Etant donné que nous possédons la longueur d'onde en cm, on ne va pas convertir les distances en m pour les calculs de différence de marche.
A.N : $\delta = |7{,}6 - 9{,}3| = 1{,}7$ cm
Or en prenant k = 1 On a 1*1,7 = 1,7 c'est-à-dire $1 * \lambda = \delta$
L'égalité est vérifiée pour une interférence constructive dans un pic

Seconde mesure : interférence constructive dans un creux,
On prend un point M' du champ où l'onde apparaît en noir sur l'animation
On mesure : S1M = 5,8 cm et S2M = 7,5 cm
A.N : $\delta = |5{,}8 - 7{,}5| = 1{,}7$ cm
Or en prenant k = 1 On a 1*1,7 = 1,7 c'est-à-dire $1 * \lambda = \delta$
L'égalité est vérifiée pour une interférence constructive dans un creux

Troisième mesure : interférence destructive
On prend un point M'' du champ où l'onde apparaît en grisé sur l'animation
On mesure : S1M = 7,4 cm et S2M = 8,3 cm
A.N : $\delta = |7{,}4 - 8{,}3| = 0{,}9$ cm
Or en prenant k = 0 On a (0+1/2)*1,7 = 0,85 soit environ 0,9 cm On en déduit $(0+1/2) * \lambda = \delta$
L'égalité est vérifiée pour une interférence destructive

On remarque qu'il ne faut pas prendre un point centré par rapport aux deux sources car dans ce cas les valeurs de différence de marche sont très faible et faussent les résultats.
Nos mesures ont permis de vérifier les conditions d'interférences constructives et destructives.

B- Interférences lumineuses

1/ *Analyse dimensionnelle :*
On prendra λ, D et b en m, on doit obtenir i en m puisqu'il s'agit d'une distance

Expression A : $i = \frac{\lambda * b}{D^2}$
Analyse : $\frac{[m]*[m]}{[m^2]} = [sans\ unité]$
L'expression A est donc fausse

Expression B : $i = \lambda * D^2$
Analyse : $[m] * [m^2] = [m^3]$
L'expression B est donc fausse

Expression C : $i = \frac{\lambda * D}{b}$
Analyse : $\frac{[m]*[m]}{[m]} = [m]$
L'expression C semble être vraie

Expression D : $i = \frac{\lambda^2 * D}{b}$
Analyse : $\frac{[m^2]*[m]}{[m]} = [m^2]$
L'expression D est donc fausse

On en déduit que l'expression C est l'expression correcte de l'interfrange i.

2/ Dans le TP 11 on a établi que : $\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$

Soit L = $\frac{\lambda 2D}{a}$

Et on sait grâce au résultat obtenu pour la question 1 que : **i=** $\frac{\lambda * D}{b}$

On constate que les deux expressions sont proches, cependant on remarque que pour la Largeur de la tâche centrale L, en diffraction on multiplie <u>la distance laser écran par 2</u> contrairement à l'expression de l'interfrange où l'on multiplie par 1 fois la distance laser écran.

De plus l'expression de la largeur de tâche centrale <u>tien compte de la largeur a,</u> de la fente ce qui n'est pas le cas pour l'interfrange qui <u>tien compte de la distance entre les deux fentes b.</u>

3/ *Matériel disponible :* écran, plusieurs couple de fentes avec des distance entre les deux fentes différentes, laser rouge , banc optique, ordinateur et règle

On dispose sur le banc optique l'écran à une distance D de 1,5 m du laser (ce dernier est placé en direction des fenêtres), on place la fente à 10 cm du laser.

Afin de vérifier l'expression de l'interfrange, on va réaliser une série de mesure : on mesurera pour chaque couple de fentes l'interfrange i à l'aide d'une règle. On sera ensuite en mesure de tracer une courbe de i en fonction de b exploitable , on pourra de cette manière vérifier graphiquement des valeurs calculés à l'aide de la formule.

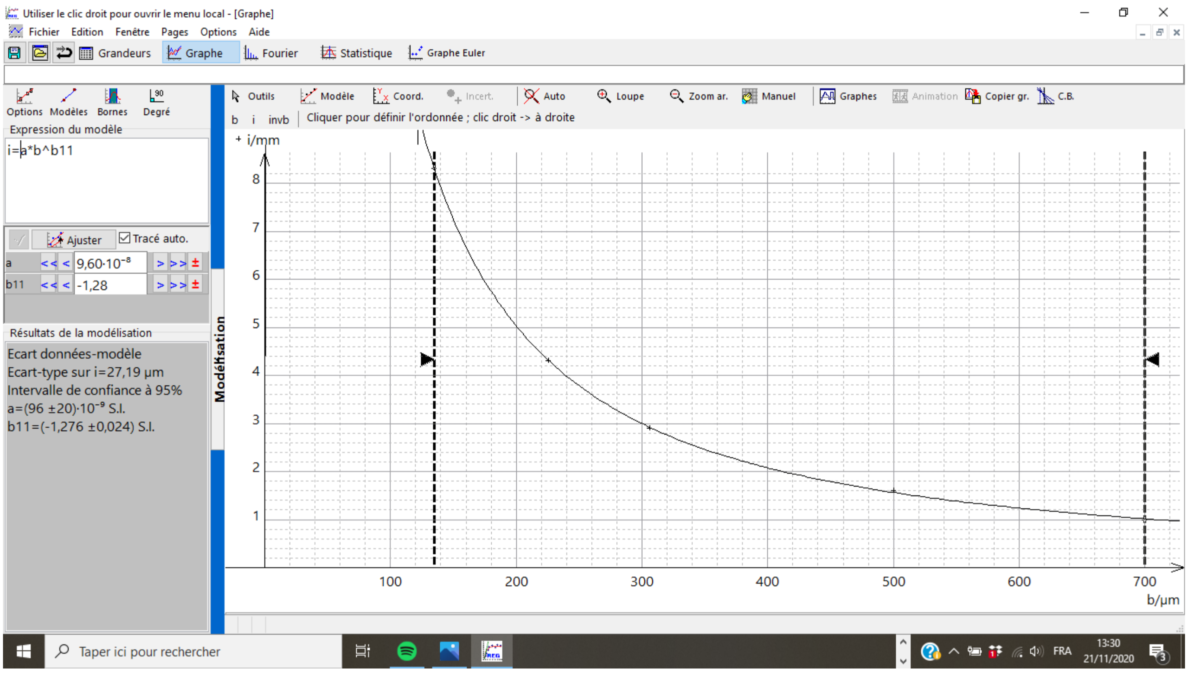
Pour augmenter la précision des mesures on va mesurer plusieurs interfranges, on divisera la distance mesuré par le nombre d'interfranges mesurés pour obtenir la valeur d'interfrange.

Valeur obtenues pour des fentes écartés successivement de 135, 226 , 306 , 500 et 700 µm

Les valeurs sont présentées en m :

i	b	i	invb
	m	m	m^-1
0	0,000135	0,0083	7407
1	0,000226	0,0043	4425
2	0,000306	0,0029	3268
3	0,0005	0,0016	2000
4	0,0007	0,0010	1429

Grâce au logiciel Regressi on obtient la courbe suivante présentant i en fonction de b :



En modélisant cette courbe par une fonction puissance on obtient :

$i = 9{,}60 \times 10^{-8} \times b^{-1{,}28}$

Selon le constructeur la longueur d'onde du laser est de 635 nm soit $6{,}35 \times 10^{-7}$ m

En utilisant cette valeur de longueur d'onde on peut déterminer i par calcul et le vérifier à l'aide du graphique.

D = 1,5 m

Pour b = 135 µm soit $1{,}35 \times 10^{-4}$ m

$i = \frac{(6{,}35*10^{-7})1{,}5}{(1{,}35*10^{-4})} = 7{,}05*10^{-3}$ m

Graphiquement on obtient : $8{,}3*10^{-3}$ m

Pour b = 226 µm soit $2{,}26 \times 10^{-4}$ m

$i = \frac{(6{,}35*10^{-7})1{,}5}{(2{,}26*10^{-4})} = 4{,}21*10^{-3}$ m

Graphiquement on obtient : $4{,}3*10^{-3}$ m

Pour b = 306 µm soit $3{,}06 \times 10^{-4}$ m

$i = \frac{(6{,}35*10^{-7})1{,}5}{(3{,}06*10^{-4})} = 3{,}11*10^{-3}$ m

Graphiquement on obtient : $2{,}9*10^{-3}$ m

Les valeurs obtenues par calcul et graphiquement sont proches, la relation est vérifiée.

4/ Les résultats de valeur d'interfrange expérimentaux obtenus bien que proches des résultats théoriques restent sujets à l'incertitude de la mesure, qui se fait très approximativement surtout lorsque l'écart entre les deux fentes est grand. En effet on observe un rétrécissement de l'interfrange lorsque b augmente ce qui est un élément supplémentaire de vérification de l'expression de l'interfrange mais qui empêche une grande précision de mesure.

5/ Le graphe obtenue en question 3 ne nous permet pas directement de déterminer expérimentalement la longueur d'onde du laser.

Selon la formule : i= $\frac{\lambda * D}{b}$

Donc : i = λ*D*$\frac{1}{b}$

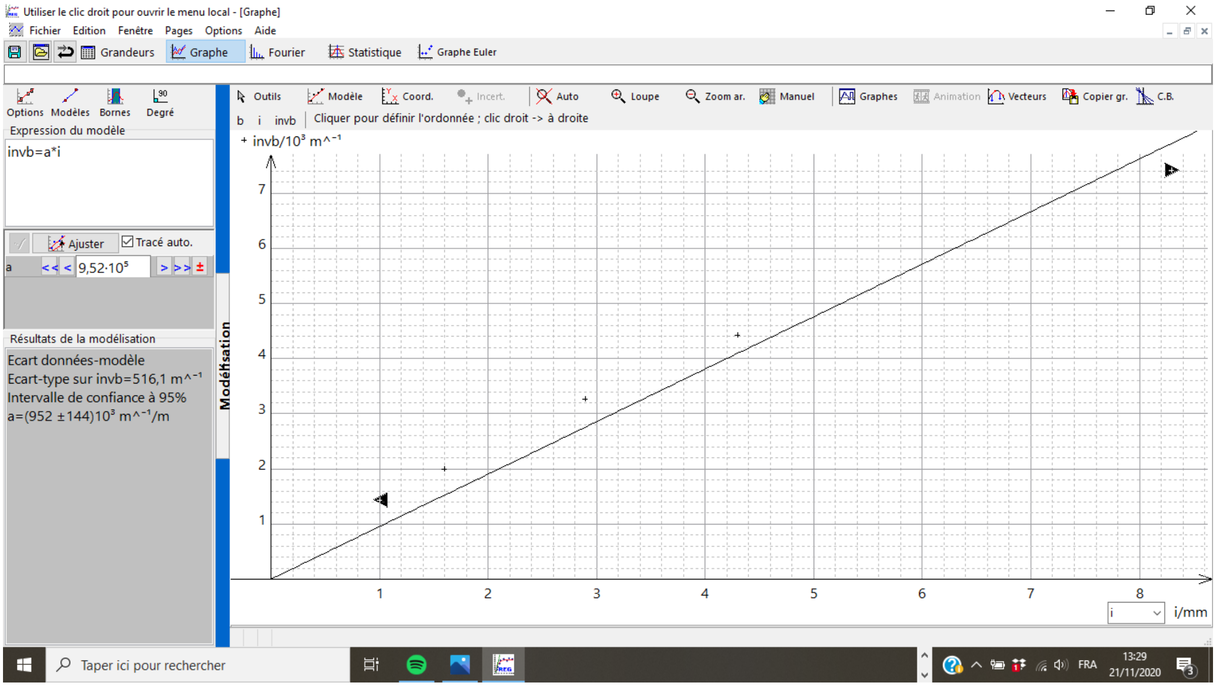
$\frac{i}{\lambda D} = \frac{1}{b}$

$\boldsymbol{\frac{1}{\lambda D} * i = \frac{1}{b}}$

Donc si on trace la courbe de l'inverse de b en fonction de i, on aurait un coefficient directeur notée c égal à $\frac{1}{\lambda D}$

Donc c = $\frac{1}{\lambda D}$ on en déduit **λ = $\frac{1}{cD}$**

Courbe de l'inverse de b en fonction de i :



On obtient **c = 9,52*10⁵**

On rappelle que la longueur d'onde théorique est de 635 nm

D = 1,5 m

Donc λ = $\frac{1}{(9{,}52*10^5)1{,}5}$ = 7,0*10⁻⁷ soit **700 nm**

Calculs d'incertitudes :

Calcul de l'incertitude sur D :

Selon l'énoncé **ΔU = $\frac{2graduations}{\sqrt{12}}$** pour U une mesure obtenue par lecture seule

Ainsi la plus petite graduation dans la mesure de D vaut 1mm

On a donc : ΔD = $\frac{2}{\sqrt{12}} = \frac{3}{\sqrt{3}}$ = 0,58 mm environ

Calcul de l'incertitude sur i :

La mesure de i a nécessité une double lecture, selon l'énoncé **$\Delta U_{doublelecture} = \sqrt{2}\Delta U$**

La plus petite graduation dans la mesure de i vaut 1mm

On a donc : Δi = $\frac{2}{\sqrt{12}} = \frac{3}{\sqrt{3}}$ = 0,58 mm environ

Et $\Delta i_{doublelecture} = \sqrt{2}\Delta i = \sqrt{2}\,\frac{3}{\sqrt{3}} = \sqrt{6}$ = 2,45 mm environ

Calcul de l'incertitude sur λ :

Selon l'énoncé pour une grandeur X égale au quotient ou au produit des longueurs W, Y et Z :

$$\frac{\Delta X}{X} = \sqrt{\left(\frac{\Delta W}{W}\right)^2 + \left(\frac{\Delta Y}{Y}\right)^2 + \left(\frac{\Delta Z}{Z}\right)^2}$$

Pour λ :

$$\boldsymbol{\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \sqrt{\left(\frac{\Delta D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\Delta i}{i}\right)^2}}$$

D = 1,50 m   ΔD = $5,8*10^{-4}$ m   Δi = $2,45*10^{-3}$ m

Pour ce calcul on prendra i = i_{moy} (la moyenne des valeurs de i mesurées)

i_{moy} = $3,6*10^{-3}$ m

A.N : $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \sqrt{\left(\frac{5,8*10^{-4}}{1,50}\right)^2 + \left(\frac{2,45*10^{-3}}{3,6*10^{-3}}\right)^2} = 0,01$

Soit Δλ = 0,01*700 = 7 nm

On peut donc établir un encadrement de λ :

693 nm < λ < 707 nm

6/ *Ecart relatif :*

Valeur indiquée λ_{th} = 635 nm

Valeur trouvée λ = 700 nm

Ecart λ = $\frac{|\lambda_{th} - \lambda|}{\lambda_{th}}$

A.N : Ecart λ = $\frac{|635-700|}{635}$ = 0,10 soit 10%

La valeur trouvé reste légèrement éloigné de celle indiquée par le constructeur (10% > 5%) cependant le résultat est acceptable au vue de la précision des mesures d'interfrange. De plus les valeurs de b ne sont pas exactes et constituent une cause d'incertitude.