

Nom: Prénom: Classe: Date:

Les interférences lumineuses: taille d'un pixel d'un écran

Objectifs	Classe
<input type="checkbox"/> Interférences de deux ondes, conditions d'observation. Interférences constructives, Interférences destructives.	Terminale Spé
<input type="checkbox"/> Caractériser le phénomène d'interférences de deux ondes et en citer des conséquences concrètes.	Durée
<input type="checkbox"/> Tester les conditions d'interférences constructives ou destructives à la surface de l'eau dans le cas de deux ondes issues de deux sources ponctuelles en phase.	2 h
<input type="checkbox"/> Exploiter l'expression donnée de l'interfrange dans le cas des interférences de deux ondes lumineuses, en utilisant éventuellement un logiciel de traitement d'image.	

Sur la paillasse

- Un ordinateur connecté à internet;
- Un pointeur laser;
- Un écran sur pied munis de papier millimétré;
- Un jeton munis de fentes d'Young;
- Un double décimètre et un mètre ruban;
- Trois supports et pinces.

Document 1: Expérience de Young

En 1801, le scientifique britannique Thomas Young réalise une expérience historique en faveur de la nature ondulatoire de la lumière : interférences lumineuses.

Les interférences sont un phénomène qui se produit lorsque deux ondes de même nature se rencontrent. On peut ainsi observer les phénomènes d'interférence en optique, en télécommunications (ondes électromagnétiques) mais aussi en mécanique (acoustique ou pour les ondes à la surface de l'eau). Ce phénomène n'est néanmoins observable que dans des cas particuliers.

La propriété qu'ont les ondes d'interférer dans certaines conditions a permis de mettre au point des techniques de mesure de pointe : cela s'appelle l'interférométrie.



Figure 1: Le physicien anglais Thomas Young (1773-1829).

1 Interférences à la surface de l'eau

Document 2: Ondes à la surface de l'eau

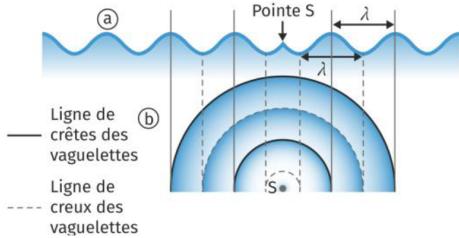


Figure 2: Les vibrations périodiques d'une pointe S à la surface de l'eau d'une cuve à ondes (a) créent des ondes circulaires périodiques se propageant de façon concentrique à la surface de l'eau. L'alternance des crêtes (traits pleins) et des creux (pointillés) de l'onde est représentée ci-dessous (b).

Document 3: Interférences de deux ondes à la surface de l'eau

Deux sources d'ondes vibrant à la même fréquence et avec un déphasage constant sont dites cohérentes. Les ondes produites par deux sources cohérentes se rencontrent et se superposent. L'état d'un point donné dépend de l'état vibratoire de chaque onde en ce point : c'est le phénomène d'interférences à deux ondes. On distingue deux situations remarquables :

- les ondes sont en opposition de phase, les interférences sont destructives;
- les ondes ne sont pas en opposition de phase, les interférences sont constructives avec une situation extrême correspondant au cas où les deux ondes sont à leur extremum d'amplitude. On dit qu'elles sont en phase.

Document 4: Figure d'interférence en

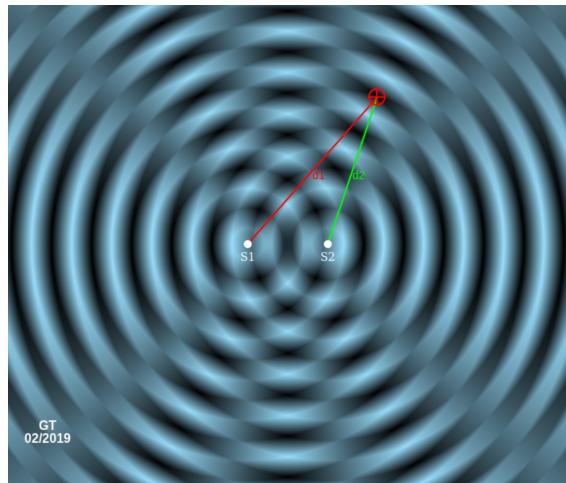


Figure 3: Le schéma ci-contre est obtenu lorsque deux perturbations sinusoïdales sont produites en deux points S_1 et S_2 de la cuve à ondes. Les deux ondes se superposent, et "interfèrent". On peut observer des lignes d'amplitude maximum, lorsque les ondes arrivent en phase. On observe également des lignes "neutres" lorsque les deux ondes arrivent en opposition de phase. Sur ces lignes d'interférence destructive, l'eau est au repos. Ces lignes, ou "franges" d'interférence sont des hyperboles. d_1 et d_2 sont les distances entre un point de la surface et respectivement les sources 1 et 2.



Protocole expérimental

- Se rendre sur la page de la simulation de cuve à ondes.
- Observer et changer les paramètres à droite librement.
- Rafraîchir la page pour retrouver les paramètres d'origine. Cliquer sur "Stop" pour figer la figure. Cliquer sur "franges" pour faire apparaître les franges d'interférence.
- Déplacer le curseur (croix dans le cercle rouge) afin de mesurer la valeur de $\frac{d_1 - d_2}{\lambda}$.



- La différence entre les deux distances d_1 et d_2 est appelée différence de chemin et elle est notée δ : $\delta = d_1 - d_2$. Pour chaque frange, de gauche à droite, déterminer la valeur de $\frac{d_1 - d_2}{\lambda}$ et compléter la ligne 2 du tableau ci-dessous. Dans le même temps, observer la figure élongation en fonction du temps et exprimer si les ondes sont en phase ou en opposition de phase (ligne 4) puis si les interférences sont constructives ou destructives (ligne 5).

Frange numéro	1	2	3	4	5	6	7
Valeur de $\frac{d_1 - d_2}{\lambda}$							
En phase/En opposition de phase							
Interférences constructives/destructives							

2. Comparer le chemin optique δ à la longueur d'onde λ et en déduire une règle quant à la construction d'interférences constructives et destructives.

2 Phénomène d'interférence lumineuse

Document 5: Dispositif expérimental

Un laser rouge est braqué vers un écran. Un support permet d'insérer des diapositives formant une bifente d'Young. c'est-à-dire deux fentes rectangulaires parallèles extrêmement fines et distantes de d dont la valeur est calibrée. On dispose d'un jeu de bifentes dont les écartements d sont variés. Placer l'une de ces bifentes sur le trajet du faisceau laser et l'écran à la distance $D = 1,50\text{m}$ de la bifente. La lumière est diffractée par les deux fentes, qui se comportent comme deux sources synchrones de lumière, S_1 et S_2 . La figure obtenue sur l'écran est appelée figure d'interférences des bifentes d'Young. L'interfrange i est la distance qui sépare les centres de deux franges brillantes consécutives ou les centres de deux franges sombres consécutives.

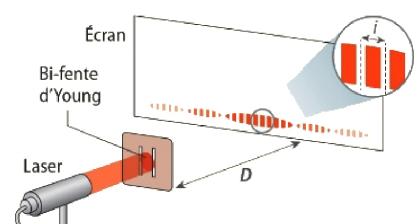


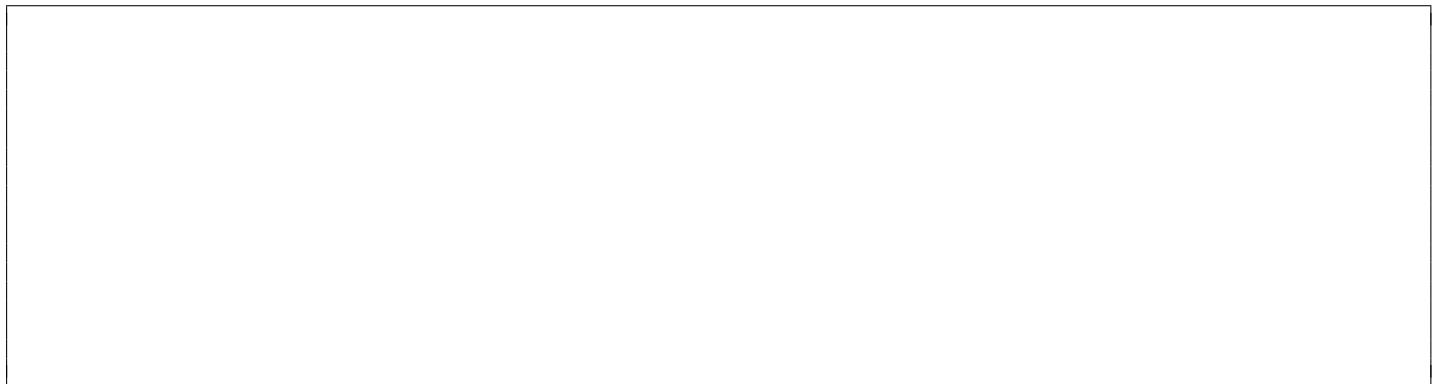
Figure 4: Expérience d'Young.

Document 6: Précautions avec la manipulation de lasers

On dispose d'une source laser. Elle produit un faisceau lumineux très directif et de forte puissance lumineuse susceptible d'altérer la rétine de manière irréversible. Il ne faut jamais regarder directement le faisceau de lumière d'un laser ni placer sur son trajet des objets réfléchissants (montre, bagues, règle métallique...).



3. Mettre en place le dispositif expérimental décrit dans le document 5, en utilisant un laser produisant une lumière monochromatique rouge et en plaçant un ensemble de deux fentes fines proches (fentes d'Young) séparées par une distance $d = 300\mu\text{m}$, face au laser. Observer la figure d'interférences obtenue sur l'écran. Dessiner la figure observée sur l'écran.



4. Étudier, de façon **qualitative** à l'aide du matériel disponible, l'influence sur la valeur de l'interfrange i , de la distance d séparant les deux fentes, de la distance D et de la longueur d'onde du laser (vous disposez de lasers verts et rouges).
-
.....
.....
.....
.....

5. En déduire l'expression correcte de l'interfrange i . On peut également utiliser l'analyse dimensionnelle pour éliminer les candidats.

a) $i = \frac{\lambda d}{D}$ b) $i = \frac{d}{D}$ c) $i = \frac{\lambda}{d}$ d) $i = \frac{d}{\lambda}$ e) $i = \frac{\lambda D}{d}$ f) $i = \frac{\lambda^2 D}{d}$

6. Déterminer la longueur d'onde du laser rouge utilisé et le comparer à la valeur théorique $\lambda = 650 \pm 10 \text{ nm}$.
-
.....
.....
.....
.....

3 Détermination de la taille d'un pixel d'un écran de smartphone

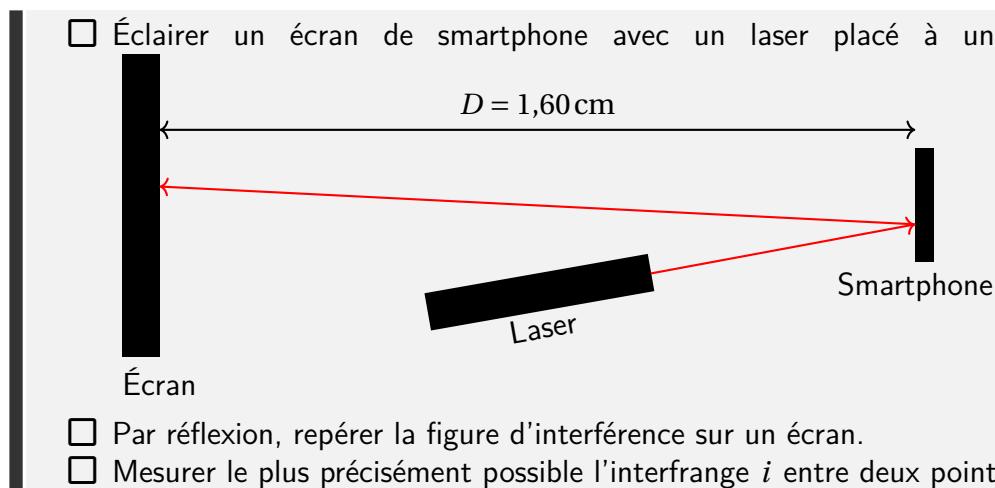
Le phénomène d'interférences va permettre la détermination de la résolution d'un écran de smartphone. Celle-ci correspond aux nombres de pixels par pouce (donnée que l'on trouve chez les constructeurs en ppp ou dpi). On appellera e la distance séparant les centres de deux pixels voisins.



Protocole expérimental

L'écran d'un smartphone est constitué d'un ensemble de pixels très petits que l'on peut considérer comme des sources lumineuses accolées les unes aux autres. On peut considérer que deux pixels voisins constituent un dispositif équivalent à une bifente de Young ; on appellera e la distance séparant les centres de ces pixels.

- Éclairer un écran de smartphone avec un laser placé à une distance $D = 1,60\text{m}$.



- Par réflexion, repérer la figure d'interférence sur un écran.
 Mesurer le plus précisément possible l'interfrange i entre deux points lumineux.

7. Réaliser le protocole ci-dessus et mesurer l'interfrange i .

.....

.....

8. En utilisant la formule déterminée dans la partie précédente, déterminer la taille e d'un pixel.

.....

.....

.....

9. En déduire la résolution de l'écran du smartphone, c'est à dire le nombre de pixels par pouce. Donnée: 1 pouce = 2,54 cm.

.....

.....

.....

10. Déterminer l'erreur associée à la mesure de e . On utilisera la formule de propagation des erreurs.

.....

.....

.....

11. Comparer à la valeur indiquée par le constructeur. Utiliser le z-score.

