

Tale Spé	Chap 2	CARACTERISER LES PHENOMENES ONDULATOIRES
Activité D	Diffraction des ondes lumineuses	

### CAPACITES EXIGIBLES AU BACCALAUREAT

	Illustrer et caractériser qualitativement le phénomène de diffraction
	Exploiter la relation donnant l'angle caractéristique de diffraction dans le cas d'une onde lumineuse diffractée par une fente rectangulaire en utilisant éventuellement un logiciel de traitement d'image.
	Respecter les règles de sécurité préconisées lors de l'utilisation de sources lumineuses.
	Evaluer, à l'aide d'une formule fournie, l'incertitude-type d'une grandeur s'exprimant en fonction d'autres grandeurs dont les incertitudes-types associées sont connues.

Le phénomène de diffraction a lieu lorsqu'une onde rencontre **une petite ouverture ou un petit obstacle**. Ce phénomène s'applique à toutes les ondes, notamment aux ondes lumineuses.

**Comment caractériser le phénomène de diffraction et comment permet-il de mesurer des objets de très petite taille ?**

### A. Observation du phénomène de diffraction

**A.1.** Réaliser le protocole décrit dans le document 2 en respectant les consignes de sécurité rappelées dans le document 1. À l'aide de la webcam (notice document 3), on prendra en photo 2 belles figures de diffraction obtenues.

À l'aide de la webcam, prendre en photo les 2 figures de diffraction et les poster sur <b>Quizinière</b>					
Réaliser	- Mettre en œuvre un protocole expérimental	D	C	B	A

**A.2.** Répondre au QCM sur **Quizinière**.

S'approprier	- Observer et décrire un phénomène	D	C	B	A
--------------	------------------------------------	---	---	---	---

### Document 1 : Consignes de sécurité pour l'utilisation d'une source laser

Une source laser produit un faisceau lumineux très directif et de forte puissance lumineuse susceptible d'altérer la rétine de manière irréversible.

**ATTENTION !!** 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...).



### Document 2 : Protocole permettant de réaliser la diffraction d'un laser

#### Matériel à disposition :

- Un porte-fils comportant 6 Fils de largeur  $a = 42 / 54 / 78 / 103 / 124 / 154 \mu\text{m}$  ;
- 1 support élévateur ;
- 1 grand écran ;
- 1 feuille blanche ;
- 1 rouleau de scotch ;
- 1 décimètre ;
- 1 laser rouge monté sur une potence ;

#### Protocole :

- Placer le laser en direction du mur, de 10 à 20 cm du porte-fils et l'écran le plus loin possible.

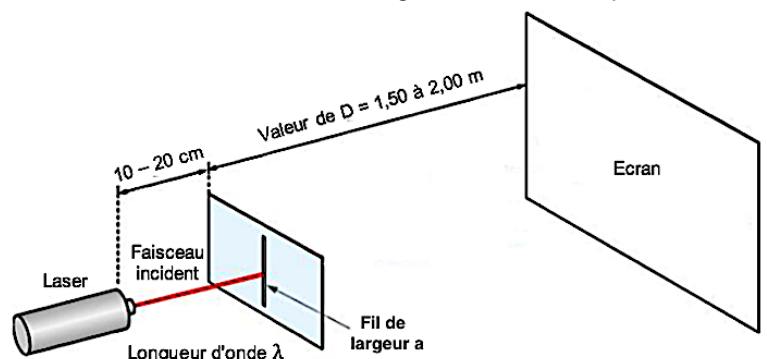
- Mesurer avec une grande précision la distance  $D$  entre le porte-fils et l'écran.

**Attention !!** La distance  $D$  ne doit pas changer pendant toute la séance (utiliser du scotch pour maintenir le support diapositive en place). Scotcher une feuille blanche au centre de l'écran.

- Sur le trajet du faisceau laser, placer :

a. Un fil vertical de largeur  $a = 42 \mu\text{m}$

b. Un fil vertical de largeur  $a = 78 \mu\text{m}$



Lorsque le faisceau laser **de longueur d'onde  $\lambda$** , arrive sur une ouverture ou un obstacle **de largeur  $a$** , on obtient sur l'écran placé à la **distance  $D$**  une **figure de diffraction**.

### Document 3 : Prendre une photo avec une webcam et le logiciel Amcap



- Brancher la webcam sur un port USB
- Lancer Amcap sur le bureau
- Cliquer sur Options - preview
- Faire la mise au point en tournant la bague de la webcam
- Cliquer sur photo - start photo
- Cliquer sur File - save et enregistrer sur votre compte réseau P:\

## B. Détermination du diamètre d'un fil de cuivre

Sur le site internet d'un vendeur en matériel électronique, on peut trouver les indications ci-contre :

**Le diamètre du fil correspond-il bien à ce que nous annonce le constructeur ?**

**Document 4 : Caractéristiques d'une bobine de fil de cuivre**

Bobine de fil de cuivre  $\varnothing 95 \mu\text{m}$

**€ 12,95**  
Remise de quantité

★★★★★

En stock

1 pièce(s)

Ajouter au panier

Remise de quantité

Quantité en pièce(s)
1
5
10

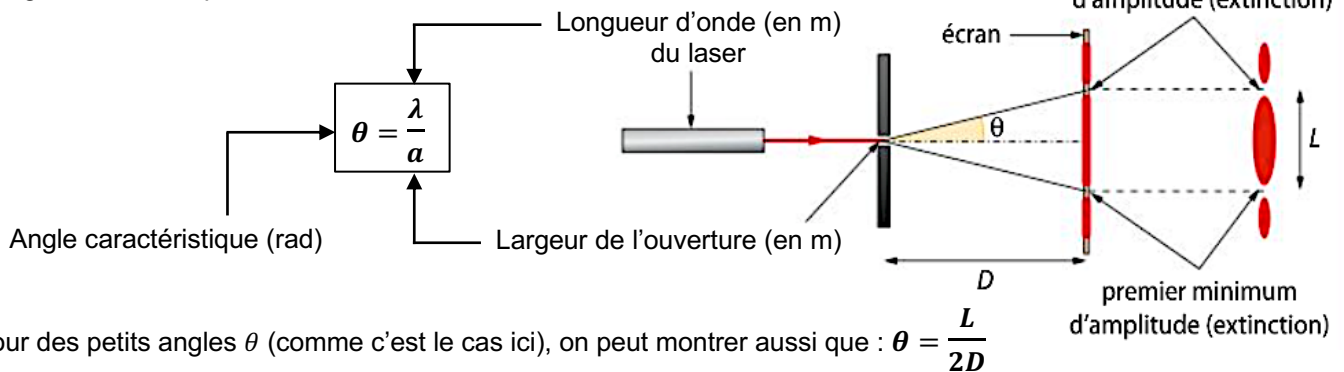


## Document 5 : L'angle caractéristique de diffraction $\theta$

Lorsque la lumière d'un laser est diffractée par une fente (ou un fil) on obtient sur l'écran une figure de diffraction qui présente notamment une **tache centrale** de **largeur L** (bien repérer cette distance sur le schéma ci-dessous).

On définit l'**angle caractéristique de diffraction  $\theta$  en radian** comme étant la moitié de l'angle sous lequel on voit la tache centrale de diffraction depuis la fente (ou le fil) de largeur a.

L'angle caractéristique de diffraction vérifie la relation :



## Point mathématique : Comment montrer que deux grandeurs sont proportionnelles ?

Deux grandeurs sont proportionnelles si l'on peut calculer la valeur de l'une en multipliant la valeur de l'autre par un nombre, toujours le même, appelé **coefficient de proportionnalité**.

**Exemple : On remplit une baignoire avec de l'eau au rythme suivant :**

quantité d'eau versée (L)	4,6	23	46	103,5	161
temps (min)	2	10	20	45	70

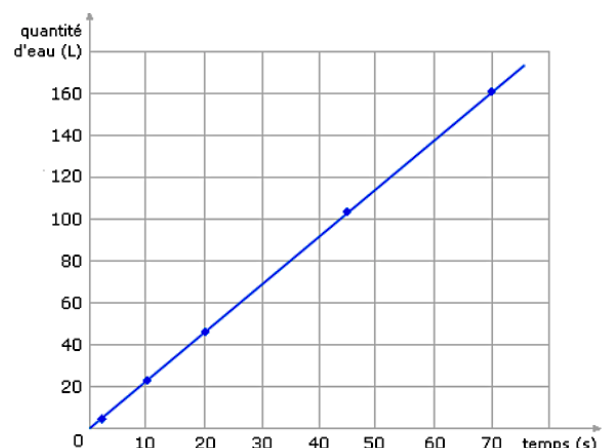
$$\frac{\text{quantité d'eau versée}}{\text{temps}} = \frac{4,6}{2} \approx \frac{23}{10} \approx \frac{46}{20} \approx \frac{103,5}{45} \approx \frac{161}{70} \approx 2,3$$

Comme la division des valeurs de la première ligne par les valeurs de deuxième ligne donne toujours le même résultat, alors on peut dire que la quantité d'eau versée et le temps sont proportionnels : 2,3 est le coefficient de proportionnalité.

Si on trace la quantité d'eau en fonction du temps à l'aide de REGRESSI, on obtient une droite qui passe par l'origine :

Donc, si les points de la représentation graphique d'une grandeur en fonction de l'autre sont sur une **droite passant par l'origine**, alors les deux grandeurs sont **proportionnelles**. Le **coefficient directeur de la droite** (calculé par REGRESSI par exemple) est le **coefficient de proportionnalité**.

La méthode graphique permet de déterminer le coefficient de proportionnalité avec une plus grande précision que la simple division de la première grandeur par la seconde.



**B.1.a.** À l'aide du point mathématique et du matériel à disposition (document 2), élaborer un protocole permettant de prouver que, conformément à la formule présentée dans le document 5, l'angle caractéristique de diffraction  $\theta$  est proportionnel à  $\frac{1}{a}$ . Le protocole devra aussi permettre de déterminer précisément la valeur du coefficient de proportionnalité.

**En cas de difficulté, vous avez la possibilité de venir au bureau professeur pour scanner les solutions partielles 1, 2 puis 3 à l'aide de mirage make. Ne surtout pas hésiter si nécessaire, vous ne serez pas pénalisés. En revanche si vous demandez la solution totale au professeur, vous obtiendrez la lettre D à la compétence évaluée.**

Rédiger votre protocole directement sur <b>Quizzinière</b> (inutile ici de faire la liste du matériel)				
<b>Analyser</b>	- Élaborer un protocole	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b> <b>A</b>

**B.1.b.** Mettre en œuvre votre protocole expérimental et présenter vos résultats et la conclusion.

<b>Réaliser</b>	- Présenter une série de résultats expérimentaux	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b> <b>A</b>
<b>Valider</b>	- Extraire des informations des données expérimentales et les exploiter	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b> <b>A</b>

**B.1.c.** Dédurre de l'étude précédente la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$  du laser. On écrira le résultat avec une unité appropriée et un nombre adapté de chiffres significatifs.

<b>Capacité exigible</b>	- Écrire le résultat d'une mesure avec un nombre adapté de chiffres significatifs	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b> <b>A</b>
--------------------------	---	----------	----------	-------------------

**B.2.** Mettre en œuvre une démarche expérimentale permettant de déterminer le diamètre  $a_{mes}$  du fil de cuivre monté sur une diapositive. Afin de gagner en précision, il est conseillé d'utiliser une webcam (notice document 3) et un logiciel de traitement d'image SalsaJ (notice document 6). Utiliser une feuille grisée sur l'écran permettra un meilleur contraste.

<b>Analyser</b>	- Élaborer un protocole	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b> <b>A</b>
<b>Réaliser</b>	- Mettre en œuvre un protocole expérimental et présenter des résultats	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b> <b>A</b>
<b>Valider</b>	- Extraire des informations des données expérimentales et les exploiter	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b> <b>A</b>

Document 6 : Utilisation du logiciel SalsaJ (téléchargeable gratuitement sur internet)	
<p>- Lancer le logiciel SalsaJ  se trouvant dans l'espace d'échange de la classe.</p> <p><b>Utilisation de SalsaJ :</b></p>	<p>• Quelques boutons et fonctions associées</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">   Ouvrir un fichier image </div> <div style="text-align: center;">   Annuler la dernière opération </div> <div style="text-align: center;">   Tracer un trait </div> <div style="text-align: center;">   Zoom avant/arrière </div> <div style="text-align: center;">   Déplacement dans le cadre de l'image </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Ouvrir l'image</b> que vous souhaitez analyser. Aller la chercher dans votre compte personnel <b>P:\</b></li> <li><b>Zoomer</b> jusqu'à avoir une figure de diffraction suffisamment grande.</li> <li>Étalonner l'échelle de votre image : <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Tracer un trait</b> entre deux points séparés d'une distance connue</li> <li>- Cliquer sur Analyse → Indiquer l'échelle</li> <li>- Dans la fenêtre qui apparaît, modifier les informations « distance réelle » (Attention de bien utiliser le point . pour la virgule) et « Unité de mesure » en fonction du repère choisi sur l'image puis cocher « Global » et « oui ».</li> </ul> </li> <li>Afficher le graphe donnant l'intensité des pixels d'une image le long d'une ligne : <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Tracer un trait</b> le long de la ligne où vous désirez étudier l'intensité lumineuse</li> <li>- Cliquer sur Analyse → coupe (ou bien sur directement sur le bouton </li> <li>- Déplacer le pointeur sur le graphe qui apparaît pour accéder aux coordonnées des points.</li> <li>- Cliquer sur le bouton « liste » dans la fenêtre du graphique permet d'accéder aux coordonnées de chaque pixel de la ligne tracée.</li> </ul> </li> </ul>

**B.3.a.** Estimer les incertitudes-types sur la distance D notée  $u(D)$  et sur la tache centrale L notée  $u(L)$ . Calculer l'incertitude-type  $u(a)$  sur le diamètre du fil de cuivre à l'aide de la formule fournie suivante :

$$u(a) = a_{mes} \times \sqrt{\left(\frac{u(L)}{L}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2}$$

Pour la longueur d'onde du laser, on prendra une incertitude égale à  $u(\lambda) = 20 \text{ nm}$ .

Écrire le résultat de la mesure sous la forme  $a = a_{mes} \pm u(a)$

**B.3.b.** Comparer avec la valeur de référence du constructeur en utilisant la relation :

$$\frac{|a_{mes}-a_{ref}|}{u(a)}$$

où  $u(a)$  est l'incertitude-type associé au résultat de la mesure  $a_{mes}$

Conclure.

Capacité exigible	- Évaluer, à l'aide d'une formule fournie, l'incertitude-type d'une grandeur s'exprimant en fonction d'autres grandeurs dont les incertitudes-types associées sont connues.	D	C	B	A
Valider	- Comparer à une valeur de référence	D	C	B	A
Communiquer	- Rédiger de manière argumentée et soignée en utilisant un vocabulaire adapté.	D	C	B	A