

Mesures et incertitudes : activité pour les élèves

Conformité d'un lot de fentes simples



Cette activité est adossée au programme de la partie « Ondes » de la spécialité SPCL (Sciences Physiques et Chimiques en Laboratoire) de la classe de terminale. Elle peut être proposée dans la séquence 9 : « mesurer des distances à l'aide de la diffraction ou des interférences ».

L'incertitude de la largeur des fentes est évaluée par une méthode de type B ; l'écart à la valeur donnée par le fabricant est comparé à l'incertitude pour conclure à la conformité ou pas du lot.

Objectif de l'activité

Le lycée possède des supports (diapositives ou jetons) sur lesquels sont gravées des fentes, afin de permettre aux élèves de mettre en œuvre le phénomène de diffraction. L'objectif de cette activité est de vérifier, par la mesure, la largeur de ces fentes annoncée par le fabricant.

1. Réalisation et première exploitation des mesures

DOCUMENT 1 : diffraction par une fente

Lorsqu'un faisceau laser monochromatique de longueur d'onde λ intercepte une fente verticale de largeur a , on observe sur un écran placé à une distance D de la fente une figure dont l'allure est :



La largeur L de la tache centrale se mesure entre les milieux des extinctions adjacentes (voir figure ci-dessus).

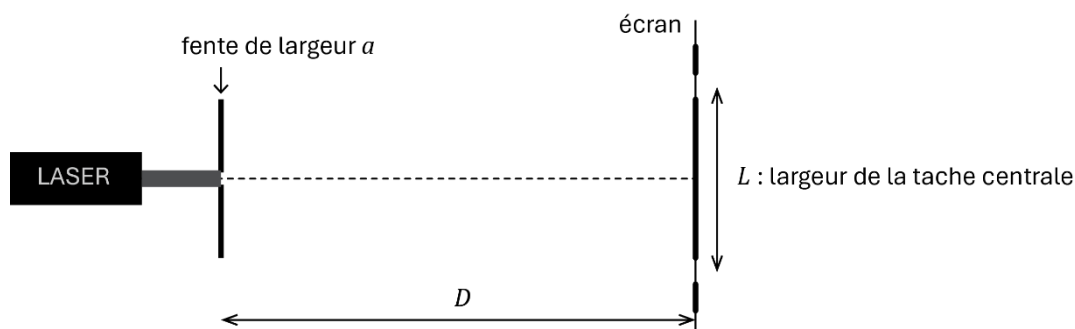
Une étude théorique de la diffraction lumineuse montre que dans cette situation la largeur de la fente s'exprime en fonction de la largeur de la tache centrale de diffraction par la relation :

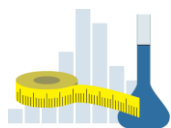
$$a = \frac{2\lambda D}{L}$$

Protocole de l'expérience

Tous les résultats seront relevés et exploités à l'aide de la feuille de calcul « MI_Diffraction » : ouvrir ce fichier.

- Réaliser la figure de diffraction d'un faisceau laser vert par une fente en réalisant le montage ci-dessous. On choisira la fente la moins large et la distance D entre la fente et l'écran devra être assez grande pour que la figure de diffraction soit facilement exploitable : on doit observer clairement la tache centrale ainsi que les deux premières taches secondaires de part et d'autre.





- Une fois la figure obtenue, fixer le support de la fente, l'écran et mesurer la distance D qui les sépare : elle ne devra plus varier.
- Noter dans l'onglet « Grandeurs constantes » de la feuille de calcul les valeurs de D et de λ (longueur d'onde du laser).

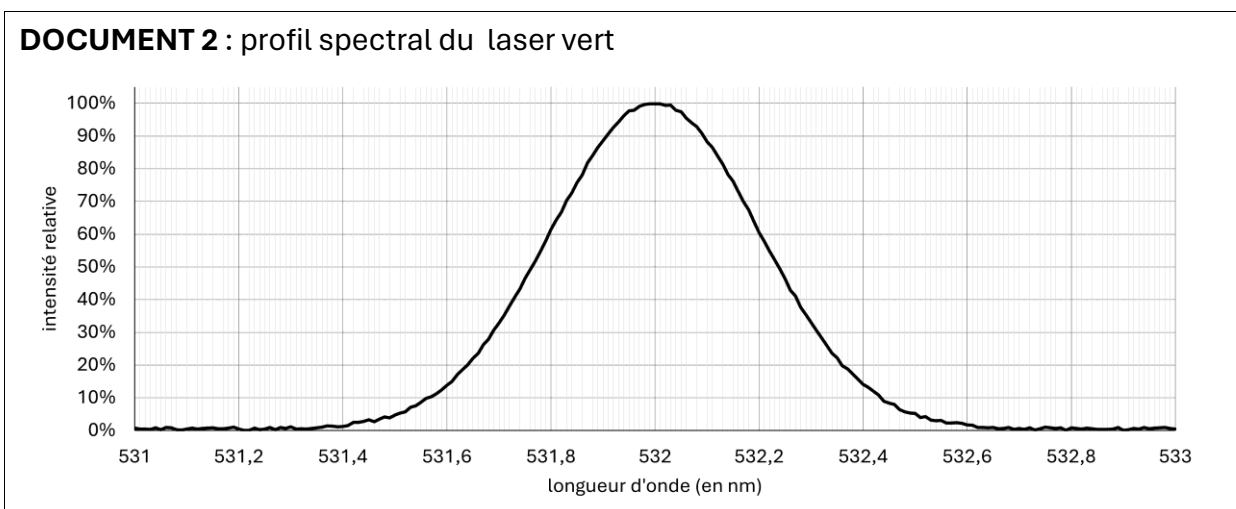
Réalisation des mesures

- Mesurer la largeur de la tache centrale L en suivant les indications du document 1 et noter sa valeur dans l'onglet « Résultats de mesures » du tableur.
- Dans la colonne « tolérance sur le repérage des extinctions », estimer « à combien près » vous êtes capable de repérer le centre d'une extinction, par exemple :
 - plusieurs mm si les taches sont très floues et espacées ;
 - 0,2 mm si la figure est nette et les extinctions très fines.
- Recommencer avec toutes les fentes du lot.

Exploitation des mesures

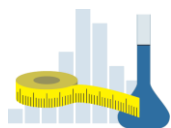
- Utiliser les fonctionnalités du tableur pour calculer la largeur $a_{\text{mesurée}}$ de chaque fente.

2. Source d'erreur, incertitude de mesure et étude de la conformité du lot



1. Faire l'inventaire des sources d'erreurs, liées au matériel utilisé ou aux conditions expérimentales, à prendre en compte pour évaluer les incertitudes-types des valeurs de $a_{\text{mesurée}}$.
2. Ouvrir l'onglet « Eval incertitudes » de la feuille de calcul. Les incertitudes-types associées au repérage des extinctions sont déjà calculées : il reste à évaluer celles associées à trois autres sources d'erreur.
 - Compléter la cellule D6 avec la valeur de la demi-graduation de l'instrument utilisé pour mesurer la largeur des taches centrales de diffraction. L'incertitude-type associée est automatiquement calculée dans la colonne F.
 - Compléter la cellule D7 avec la demi-étendue des valeurs possibles de la distance D ; cette estimation prendra en compte l'instrument de mesure mais pourra être surestimée en fonction de votre capacité à mesurer D sur votre montage expérimental. L'incertitude-type de D est automatiquement calculée dans la colonne G.
 - Utiliser le document 2 pour déterminer graphiquement la largeur à mi-hauteur du pic (différence entre les deux longueurs d'onde pour lesquelles l'intensité est égale à la moitié du maximum) ; saisir le résultat dans la cellule D8. L'incertitude-type de la longueur d'onde du laser est automatiquement calculée dans la colonne H.

Les incertitudes-types de toutes les valeurs de $a_{\text{mesurée}}$ sont désormais évaluées dans la colonne I.



1. Dans la colonne D, programmer le calcul de l'écart entre la valeur mesurée et celle annoncée par le fabricant des fentes, en valeur absolue.

3. Analyse et exploitation des résultats de mesures

DOCUMENT 3 : comparaison d'un résultat de mesure à une valeur de référence

On considère que la valeur mesurée x_{mes} d'une grandeur x est compatible avec la valeur de référence x_{ref} de cette même grandeur si leur différence (en valeur absolue) est inférieure au double de l'incertitude-type :

$$|x_{\text{mes}} - x_{\text{ref}}| \leq 2 \times u(x_{\text{mes}})$$

À présent que les résultats de mesures sont saisis et les incertitudes-types sont évaluées, le dernier onglet permet d'afficher, pour chaque fente :

- un histogramme qui compare $|a_{\text{mesurée}} - a_{\text{fabricant}}|$ à $u(a_{\text{mesurée}})$;
- un histogramme qui compare les poids relatifs des différentes sources d'erreur dans l'incertitude-type de $a_{\text{mesurée}}$.

Au moyen des flèches prévues à cet effet, faire défiler les résultats obtenus pour chaque fente afin de répondre aux questions ci-dessous.

2. En exploitant le critère énoncé dans le document 3, déterminer pour quelle(s) fente(s) la valeur mesurée de la largeur est compatible avec celle qui est annoncée par le fabricant.
3. Proposer une hypothèse expliquant que, pour certaines fentes, la mesure n'est pas en accord avec l'indication du fabricant.
4. Parmi les sources d'erreur prises en compte, indiquer lesquelles peuvent être considérées comme ayant un « poids » négligeable et identifier celle qui a le « poids » le plus important.
5. Exploiter la réponse précédente pour proposer une amélioration du protocole de mesure de la largeur d'une fente.