

1 Niveau d'intensité sonore

	A	B	C
1 Le niveau d'intensité sonore correspondant à une intensité $I = 5,9 \times 10^{-7} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ vaut :	59 dB	132 dB	58 dB
2 L'intensité sonore associée au niveau d'intensité sonore 104 dB est :	$2,5 \times 10^{-2} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$2,5 \times 10^{10} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^{-12} \times 10^{-\frac{104}{10}} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

2 Diffraction d'une onde

	A	B	C
3 Identifier les photographies où le phénomène de diffraction se manifeste.			
4 La fente a une largeur de :	 $a = 1,46 \times 10^{-6} \text{ m}$	$a = 146 \mu\text{m}$	$a = 2,88 \times 10^{-9} \text{ m}$

3 Interférences de deux ondes

	A	B	C
5 Dans cette situation, la somme des deux ondes donne :	une zone sombre.	une zone éclairée.	une zone peu éclairée.
6 La longueur d'onde vaut :	2,25 mm	2,0 mm	2,75 mm

4 Effet Doppler

	A	B	C
7 Un émetteur ultrasonore de fréquence $f = 40,0 \text{ kHz}$, s'éloigne à la vitesse de $20,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. La célérité du son vaut $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. La fréquence perçue vaut :	2,47 kHz	42,4 kHz	37,6 kHz

DONNÉES

- seuil d'audibilité à 1 000 Hz : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.
- célérité du son : $c_{\text{air}} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- $c_{\text{lumière}} = 3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

7 Exploiter une atténuation

| Rédiger une explication.

Casque antibruit
 $A = 33 \text{ dB}$
DELTAPLUS®



Bouchons d'oreilles
 $A = 26 \text{ dB}$



- Quel sera le niveau d'intensité sonore ressenti par un utilisateur de chacun de ces dispositifs si le niveau d'intensité sonore ambiant est 95 dB ?

12 Identifier une expression (1)

| Faire preuve d'esprit critique.

Un émetteur d'ondes sonores s'éloigne d'un récepteur avec une vitesse de valeur $v < v_{\text{son}}$. On note f_E la fréquence des ondes émises et f_R la fréquence des ondes reçues.

- Rappeler l'unité et le signe du décalage Doppler $\Delta f = f_R - f_E$ dans le cas où l'émetteur et le récepteur s'éloignent l'un de l'autre.

- Parmi les relations suivantes, identifier celle qui donne le décalage Doppler en expliquant pourquoi les trois autres sont incorrectes.

a $\Delta f = -f_E \times \frac{v}{v_{\text{son}} + v}$ b $\Delta f = f_E \times \frac{v}{v_{\text{son}} - v}$

c $\Delta f = \frac{v - v_{\text{son}}}{f_E}$ d $\Delta f = \frac{f_E}{f_R} (v - v_{\text{son}})$

14 Calculer une valeur de vitesse

| Effectuer des calculs.

A Fonctionnement d'un radar



- 3 Le radar a mesuré la fréquence f_R de l'onde réfléchie et a exploité le décalage Doppler $\Delta f = f_R - f_E$ pour déterminer la valeur de la vitesse du véhicule.

Lors du passage d'une voiture, le radar a mesuré un décalage Doppler $\Delta f = 6,451 \times 10^3 \text{ Hz}$. Pour ce radar, le décalage Doppler est :

$$\Delta f = \frac{2v \times \cos \alpha}{c} \times f_E$$

Dans cette expression, α est l'angle entre la direction de déplacement du véhicule et l'axe de visée du radar.

- Calculer la valeur de la vitesse du véhicule.

Données

- Célérité de la lumière : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- $\alpha = 20^\circ$.

8 Plus on est nombreux...

- a. Un groupe de musiciens joue de la guitare : le niveau d'intensité sonore est de 75 dB. Avec quel appareil doit-on effectuer cette mesure ?
- b. Sachant qu'une guitare a un niveau sonore de 65 dB, combien y a-t-il de guitares identiques dans ce groupe ?
- Un percussionniste les accompagne et frappe un triangle, de niveau sonore 50 dB. Quelle est l'intensité sonore totale ? Commenter.

3 Calculer un niveau d'intensité sonore

| Effectuer des calculs.

Calculer le niveau d'intensité sonore correspondant à chacune des intensités sonores suivantes.

1. $1,2 \times 10^{-7} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 2. $7,3 \times 10^{-5} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

3. $2,3 \times 10^{-3} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

Données

• $L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$.

• $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

4 Relier L et I

| Mobiliser ses connaissances.

- Sans calcul, relier chaque niveau d'intensité sonore à l'intensité sonore correspondante.

$3,2 \times 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$



48 dB

$6,3 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$



85 dB

$6,5 \times 10^{-3} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$



98 dB

- Par le calcul, retrouver L pour $I = 3,2 \times 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Données

• $L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$.

• $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

10 Santé au travail

D'après le Code du travail, les ouvriers d'une entreprise ne doivent pas être soumis à des niveaux d'intensités sonores supérieures à 87 dB. Un ouvrier travaille sur une machine de niveau sonore 83 dB. Il est entouré de deux machines voisines émettant un niveau sonore d'intensité 82 dB chacune.

- Calculer les intensités sonores associées aux machines.
- a. Sachant que les intensités sonores s'ajoutent, calculer le niveau d'intensité sonore total reçu par l'ouvrier.
- b. L'entreprise satisfait-elle au Code du travail ?

15 Calculer un décalage Doppler

| Utiliser un modèle pour prévoir.

Une voiture passe en klaxonnant. Le son produit a une fréquence $f_E = 435 \text{ Hz}$. Elle s'éloigne d'un piéton avec une vitesse de valeur $v = 80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Dans une telle situation, la valeur absolue du décalage Doppler est donnée par :

$$\Delta f = f_E \times \frac{v}{v_{\text{son}} - v}$$

- Calculer le décalage Doppler perçu par le piéton.

Donnée

Célérité du son : $v_{\text{son}} = 345 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

20 Le bourdon

Le bourdon ne se sert pas uniquement de ses ailes pour voler : elles servent aussi à ventiler son nid pour le refroidir. Il peut actionner ses ailes jusqu'à 200 battements par seconde.



1. Si l'insecte se rapproche d'un observateur à la vitesse de $7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, quelle sera la fréquence du son perçue par un observateur immobile ?

2. Si un autre bourdon vole à la même vitesse à côté de lui, quelle fréquence perçoit-il ?

19 Connaître les critères de réussite

Au son de la corne de brume

| Effectuer des calculs.

Les cornes de brume sont utilisées dans le domaine maritime pour signaler un obstacle ou un danger.

Elles peuvent produire un son dont le niveau d'intensité sonore peut atteindre 115 dB.



1. Déterminer l'intensité sonore maximale du son émis par une corne de brume.

2. À 50 m de la corne de brume, l'intensité sonore est égale à $1,0 \times 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

- Déterminer le niveau d'intensité sonore correspondant.
- En déduire l'atténuation géométrique du signal.

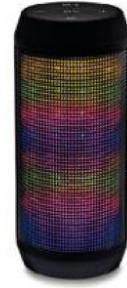
Donnée

Intensité sonore de référence : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

21 Enceinte Bluetooth

| Effectuer des calculs.

Une enceinte Bluetooth a une puissance sonore de $0,12 \text{ W}$. On fait l'hypothèse que la puissance sonore émise se répartit de manière homogène sur une demi-sphère de rayon r centrée sur l'enceinte Bluetooth.



1. Déterminer l'intensité sonore I du son perçu par une personne située à $1,0 \text{ m}$ de l'enceinte.

2. Déterminer le niveau d'intensité sonore L correspondant.

3. Déterminer le niveau d'intensité sonore L' pour une personne située à $2,0 \text{ m}$ de l'enceinte.

Données

- Intensité sonore pour une puissance sonore P répartie sur une surface S : $I = \frac{P}{S}$.
- Surface d'une sphère de rayon r : $S = 4 \times \pi \times r^2$.
- Intensité sonore de référence : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

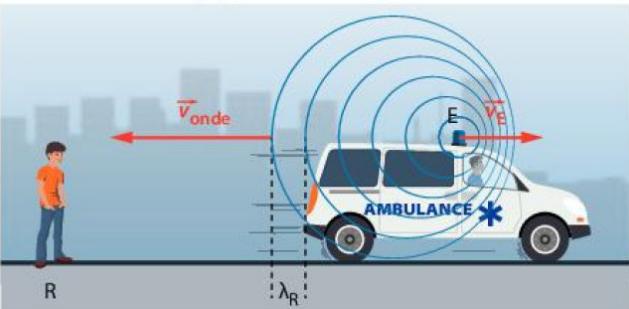
24 Détermination par effet Doppler de la vitesse d'éloignement d'un émetteur

| Effectuer des calculs ; interpréter des résultats.

L'effet Doppler permet de mesurer la valeur de la vitesse d'un émetteur E s'éloignant d'un observateur immobile R. On se propose de relier :

- la fréquence f_E d'émission des signaux par E ;
- la fréquence f_R de réception des signaux par R ;
- la valeur v_{onde} de la célérité de l'onde émise par E ;
- la valeur v_E de la vitesse de l'émetteur.

Les valeurs des vitesses sont mesurées dans un référentiel terrestre et $v_E < v_{\text{onde}}$.



1. À l'instant initial $t_1 = 0 \text{ s}$, E est à la distance d de R et émet une onde sonore se propageant à la célérité v_{onde} . Exprimer littéralement la date t_2 au bout de laquelle ce signal est reçu par R.

2. a. Déterminer l'expression de la distance d_E parcourue par l'émetteur pendant une durée égale à une période T_E du signal émis.

b. À la date $t_3 = T_E$, quelle est la distance qui sépare E et R ?

c. À la date $t_3 = T_E$, l'émetteur émet de nouveau un signal. À quelle date t_4 le récepteur R reçoit-il ce signal ?

3. Quelle est la durée, notée T_R , séparant la réception par R de deux signaux consécutifs ? Que représente cette durée T_R ?

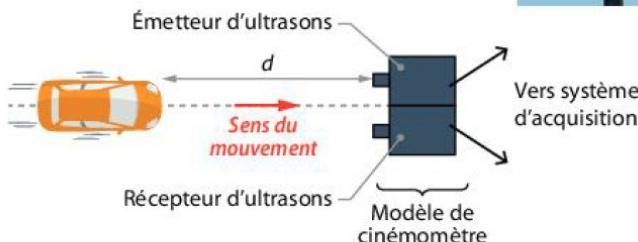
4. a. Exprimer la relation entre les fréquences f_R et f_E , la célérité v_{onde} du signal et la valeur v_E de la vitesse de E.

b. Quelle est l'expression littérale de la valeur de la vitesse v_E de l'émetteur ?

26 Contrôle de vitesse

Exploiter des graphiques et schémas ; effectuer des calculs.

Un radar pédagogique contrôle par effet Doppler la valeur de la vitesse instantanée des véhicules automobiles. Un élève cherche à modéliser le principe de la mesure. Son expérience est représentée ci-dessous.



- 1.a. Donner le principe de fonctionnement de ce dispositif.
- 1.b. On note f_E la fréquence de l'onde émise et f_R celle de l'onde reçue par le récepteur. Lors d'un tel mouvement, f_E est-elle supérieure ou inférieure à f_R ?
2. On réalise l'acquisition informatisée des signaux émis et reçus. Le logiciel permet de repérer les fréquences de chacun des signaux. Déterminer f_E et f_R .

3. Déterminer, parmi les relations ci-dessous, celle qui donne la valeur de la vitesse v de la voiture, mesurée par rapport au sol et inférieure à celle de l'onde notée v_S .

a) $f_R = f_E \times \left(2v + \frac{v}{v_S}\right)$

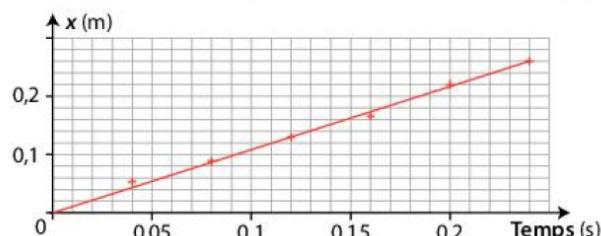
b) $f_R = v \times \left(f_E - \frac{2v}{v_S}\right)$

c) $f_R = f_E \times \left(1 - \frac{2v}{v_S}\right)$

d) $f_R = f_E \times \left(\frac{2v}{v_S} + 1\right)$

4. La célérité des ondes ultrasonores v_S est égale à $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Calculer la valeur de la vitesse v de la voiture.

5. Le déplacement de la voiture a été filmé, puis on a représenté l'évolution de sa position x en fonction du temps.



- a. En déduire la valeur $v_{\text{vidéo}}$ de la vitesse de la voiture.
- b. Conclure en comparant les valeurs v et $v_{\text{vidéo}}$.

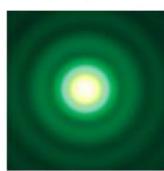
13 Diffraction par un trou éclairé par un laser vert

Un trou d'ouverture $a = 200 \mu\text{m}$ est éclairé par le faisceau d'un laser vert de longueur d'onde λ (comme sur le montage de l'exercice 12, avec la distance $D = 1,7 \text{ m}$).

1. Qu'observerait-on sur l'écran si la lumière se propageait rectilignement ?

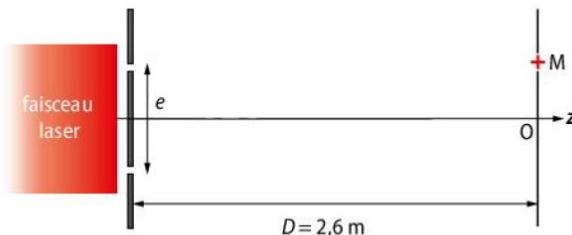
2. En fait, on observe une figure de diffraction comme celle-ci (à taille réelle).

- a. En se plaçant dans l'approximation des petits angles, où $\tan \theta \approx \theta$, établir la relation liant θ , a , λ , L et D .



- b. En mesurant directement sur la photo le diamètre de la tâche centrale, déterminer la longueur d'onde λ du laser vert.

18 Différence de chemin optique



Un laser rouge, de longueur d'onde $\lambda = 633 \text{ nm}$, éclaire deux petits trous espacés d'un écartement e . On se place au point M.

1. a. Définir la différence de chemin optique δ . Reproduire le schéma et la représenter dessus.

- b. Le point O, au centre de l'écran, est-il sur une frange sombre ou brillante ?

2. On établit que la différence de chemin optique s'écrit :

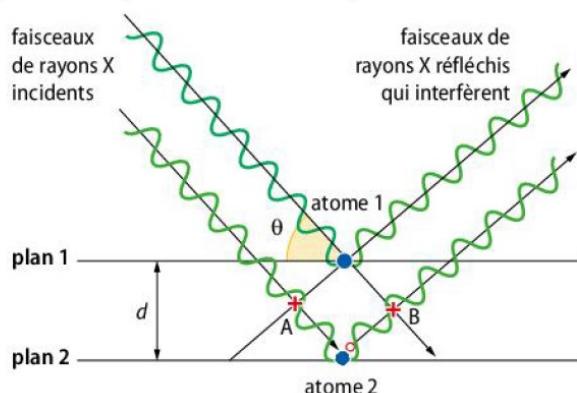
$$\delta = \frac{e \times x}{D}, \quad x \text{ étant l'abscisse du point M. Rappeler à quelle condition on observe le premier maximum d'amplitude, autre que pour } x = 0.$$

3. Ce premier maximum d'amplitude définit la valeur de l'interfrange i , on a alors : $x = i$. Exprimer littéralement l'interfrange i en fonction de λ , e et D .

4. En déduire l'écartement e entre les deux trous pour un interfrange de 3,4 mm mesuré sur l'écran.

29 Interférences et rayons X

Les rayons X sont utilisés pour explorer la matière, par exemple pour évaluer la distance d entre deux plans 1 et 2 voisins d'atomes dans un cristal. Lorsqu'on envoie un faisceau de rayons X de longueur d'onde λ sur un cristal, ils sont réfléchis par les atomes qui constituent le cristal. Les ondes réfléchies par les atomes interfèrent. On peut représenter de façon très simplifiée cette situation par le schéma suivant :



Données : la différence de chemin optique entre deux ondes incidentes qui se réfléchissent sur deux plans successifs est donnée par la relation : $\delta = 2d \cdot \sin \theta$, où d est la distance entre deux atomes voisins et θ l'angle entre le rayon et le plan ; $\theta = 11,5^\circ$ et $\lambda = 145 \text{ pm}$.

1. a. En exploitant le schéma précédent, évaluer la différence de chemin optique.

2. Préciser à quelles conditions les rayons X, qui interfèrent après réflexion, donnent des interférences destructives ou constructives.

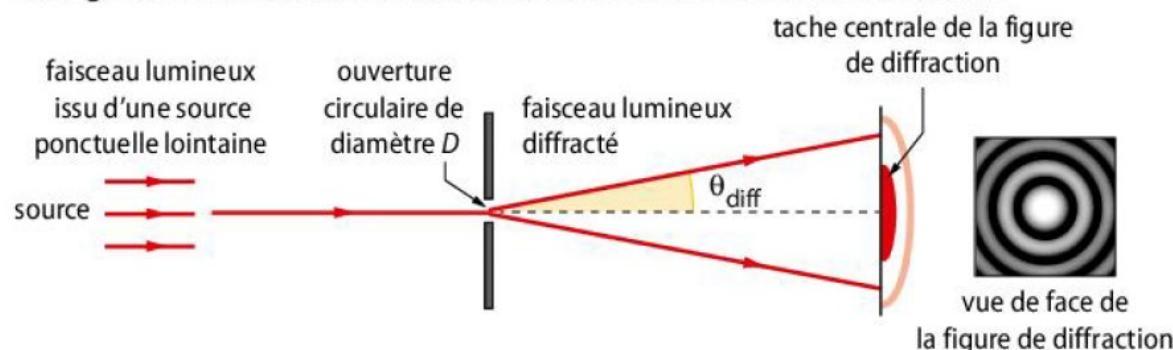
3. Déterminer la valeur de d dans le cristal dans le cas où l'on obtient des interférences constructives pour une différence de chemin optique minimale.

21 Diffraction et astronomie

La première planète extrasolaire, dont on a pu faire une image par observation directe dans le proche infrarouge, s'appelle 2M1207b. Elle orbite à une distance estimée à 55 unités astronomiques (ua) autour de l'étoile 2M1207a, située à 230 années lumières (al) de la Terre.

Actuellement, l'observation de détails avec un télescope terrestre est principalement limitée par le phénomène de diffraction lié à la valeur de l'ouverture circulaire D du télescope. Dans le cas d'une ouverture circulaire, on admet que l'angle caractéristique de diffraction θ_{diff} (exprimé en radian) vérifie la relation $\theta_{\text{diff}} = 1,22 \frac{\lambda}{D}$, où λ est

la longueur d'onde du faisceau incident et D le diamètre de l'ouverture.



Données : unité astronomique : $1 \text{ ua} = 1,496 \times 10^{11} \text{ m}$; année-lumière : $1 \text{ al} = 9,461 \times 10^{15} \text{ m}$; intervalle de longueur d'onde du proche infrarouge [700 nm ; 1 000 nm].

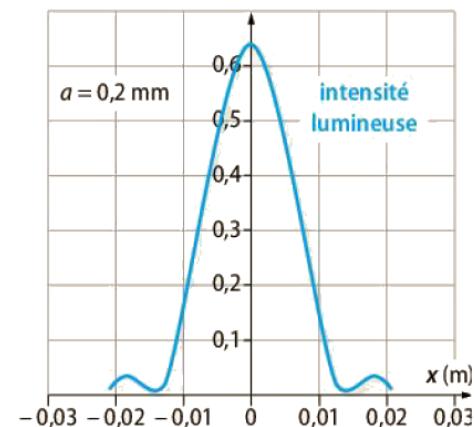
1. **Citer** une propriété de la lumière qui explique le phénomène de diffraction.
2. **Représenter** par un schéma, sans souci d'échelle, l'angle α sous lequel on voit le couple étoile-planète depuis la Terre. Calculer cet angle.
3. Un télescope permet de distinguer deux objets à condition que l'écart angulaire α entre ces deux objets soit supérieur ou égal à l'angle caractéristique de diffraction.

En 2024 Extra Large Telescope aura un de diamètre 39 m. **Estimer** s'il permettra d'observer l'exoplanète sans être gêné par le phénomène de diffraction.

22 Diffraction dans un télescope

Lorsqu'on observe une étoile à travers un télescope, l'image apparaît sous la forme d'une tache, dont la dimension est liée aux défauts de l'instrument, tels que la diffraction par l'ouverture limitée. On réalise le montage de diffraction dans lequel un laser correspond à l'étoile et le miroir du télescope est modélisé par une ouverture circulaire de diamètre a produisant un phénomène de diffraction.

1. Décrire le phénomène de diffraction.
2. Quel caractère de la lumière est mis en évidence ici ?
3. À partir des résultats expérimentaux, déterminer la valeur du diamètre d_{Airy} de la tache centrale de diffraction observée pour cette ouverture.



37 Quelle longueur d'onde ?

COM Présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente

Un granulomètre est un appareil de mesure de précision qui permet de déterminer le diamètre d'un petit grain.

DOC 1 Le granulomètre

Pour vérifier la valeur de la longueur d'onde λ d'une diode laser utilisée dans un appareil de granulométrie, on intercale des fentes de différentes largeurs sur le trajet du faisceau laser. Sur un écran placé à une distance $D = 2,00 \text{ m}$ des fentes, on observe une figure de diffraction. L représente la largeur de la tâche centrale et θ_0 l'angle caractéristique de diffraction exprimé en radian. Expérimentalement, on mesure la largeur de la tâche centrale L pour des fentes calibrées de différentes largeurs a . On porte les valeurs obtenues sur le graphique ci-contre.

Le fabricant de l'appareil indique que deux diodes laser de longueurs d'onde 632 nm et 810 nm sont utilisées dans cet instrument de mesure.

QUESTIONS PRÉLIMINAIRES

1. Donner la relation qui lie λ , θ_0 et a .

On fait l'hypothèse que l'angle θ_0 est petit. Dans ce cas, on peut écrire $\tan \theta_0 \approx \theta_0$ avec θ_0 en radian.

2. À l'aide du doc. 2, démontrer que la largeur de la tâche centrale est donnée par l'expression : $L = k \cdot \frac{1}{a}$, avec $k = 2\lambda D$.

DOC 2 Évolution de la tâche centrale de diffraction



DOC 3 Incertitude-type sur la longueur d'onde

L'incertitude-type sur la longueur d'onde λ , notée $u(\lambda)$, peut être déterminée à partir de la relation suivante :

$$u(\lambda) = \lambda \cdot \sqrt{\left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(k)}{k}\right)^2}$$

L'incertitude-type sur la valeur du coefficient directeur est donnée par le tableau grapheur, soit $u(k) = 1,2 \times 10^{-7} \text{ USI}$.

LE PROBLÈME À RÉSOUVRIR

Déterminer la longueur d'onde λ de la diode laser utilisée en utilisant les documents fournis. Exprimer le résultat avec son incertitude-type