Granulométrie d'une poudre

Bac S 2017 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Citer deux propriétés d'un faisceau laser.

Un faisceau laser est **monochromatique** (une seule longueur d'onde) et **directif** (il diverge très peu).

Deux propriétés : monochromatique et directif.

COMPRENDRE
On peut aussi citer la cohérence de la lumière émise ou la concentration spatiale de l'énergie. Deux propriétés suffisent.

1.2 Expliquer pourquoi l'émission de lumière par le laser est dite « stimulée ». Quel est l'intérêt d'apporter de l'énergie électrique au milieu ?

Un photon d'énergie $E_2 - E_1$ qui rencontre un atome de néon dans l'état excité E_2 provoque sa désexcitation vers E_1 (transition (2)). L'atome émet alors un second photon, identique au photon incident : même énergie, même direction, même phase. L'émission est déclenchée par un photon, d'où le mot « stimulée ».

La décharge électrique excite les atomes d'hélium (transition (1)), qui portent ensuite par collision les atomes de néon au niveau E_2.

Émission déclenchée par un photon incident ; l'énergie électrique entretient la population d'atomes de néon excités.

PIÈGE
Confondre avec l'émission spontanée, où l'atome se désexcite seul, à un instant et dans une direction aléatoires.

COMPRENDRE
Sans apport d'énergie, les atomes retombés au niveau E_1 ne seraient plus disponibles et l'amplification cesserait. Cet apport s'appelle le pompage ; il réalise l'inversion de population.

COMPRENDRE
L'émission stimulée et le principe du laser figuraient au programme de Terminale S ; ils ne sont plus exigibles dans le programme actuel de spécialité.

1.3 À quel domaine spectral appartient la radiation émise lors de la transition entre les deux niveaux d'énergie du néon ?

Données utiles $E_2 = 20{,}66$ eV ; $E_1 = 18{,}70$ eV ; $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J · s ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; 1 eV $= 1{,}60 \times 10^{-19}$ J

Le photon émis emporte l'énergie perdue par l'atome : $E_2 - E_1 = \dfrac{h\,c}{\lambda}$,

donc $\lambda = \dfrac{h\,c}{E_2 - E_1}$.

$E_2 - E_1 = 20{,}66 - 18{,}70 = 1{,}96$ eV, à convertir en joules.

$$\lambda = \frac{6{,}63 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{1{,}96 \times 1{,}60 \times 10^{-19}} = 6{,}34 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

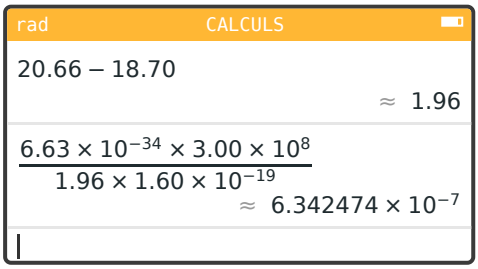
Cette longueur d'onde est comprise entre 400 nm et 800 nm.

$\lambda = 634$ nm : la radiation appartient au domaine **visible** (lumière rouge).

PIÈGE
Laisser l'écart d'énergie en électronvolts : la relation $E = h\,c/\lambda$ exige des joules. Sans conversion, on trouve une valeur absurde.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme h, c et l'écart d'énergie $1{,}96$ eV. Le résultat est cohérent avec l'énoncé, qui annonce une émission de lumière visible.

À LA CALCULATRICE



2.1 Quel est le nom du phénomène observé dans cette expérience ?

La lumière traverse une fente fine et s'étale sur l'écran : tache centrale encadrée de taches secondaires moins lumineuses.

Il s'agit du phénomène de **diffraction**.

COMPRENDRE
La courbe d'intensité le confirme : un maximum central large, puis des maxima secondaires bien plus faibles, séparés par des extinctions.

2.2 Établir l'expression de la demi-largeur d de la tache centrale, puis déterminer la largeur a de la fente dans l'expérience.

Données utiles $\lambda = 532$ nm ; $D = 2{,}00$ m ; $\tan\theta \approx \theta$ (en radians) ; courbe I/I_{max} en fonction de x

Dans le triangle rectangle formé par la fente, le point O et la première extinction : $\tan\theta = \dfrac{d}{D}$. L'angle étant petit, $\theta \approx \dfrac{d}{D}$.

Pour la diffraction par une fente : $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$.

En égalant : $\dfrac{d}{D} = \dfrac{\lambda}{a}$, soit $d = \dfrac{\lambda D}{a}$ et donc $a = \dfrac{\lambda D}{d}$.

Sur la courbe, l'intensité s'annule pour la première fois en $x = 1{,}0$ mm : $d = 1{,}0$ mm.

$$a = \frac{532 \times 10^{-9} \times 2{,}00}{1{,}0 \times 10^{-3}} = 1{,}1 \times 10^{-3}\ \text{m}$$

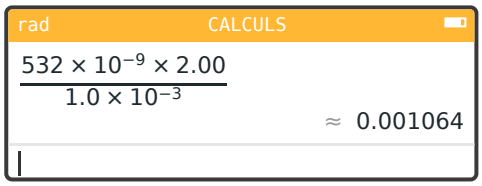
$d = \dfrac{\lambda D}{a}$ et $a = 1{,}1$ mm

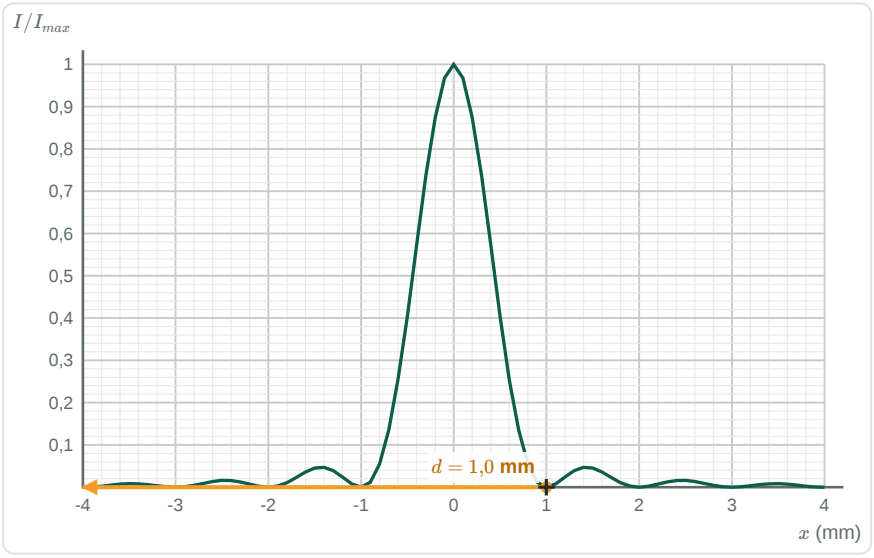
PIÈGE
Prendre pour d la largeur totale de la tache centrale (2,0 mm, de -1 à $+1$ mm) : on trouverait une fente deux fois trop étroite.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs seulement : la lecture graphique de d limite la précision. La longueur d'onde est ici 532 nm (laser vert), et non celle du laser hélium-néon de la partie 1.

MÉTHODE
Diffraction par une fente : 1) $\tan\theta = d/D$ et petits angles ; 2) $\theta = \lambda/a$; 3) égaler, isoler la grandeur cherchée ; 4) tout convertir en mètres.

À LA CALCULATRICE





2.2 · Figure du sujet : lecture de la demi-largeur d de la tache centrale

2.3 Quel sucre, A ou B, aura la qualification « sucre glace » ? Justifier.

Données utiles grosse particule : diamètre supérieur à $0{,}110$ mm ; courbes du nombre de particules en fonction du diamètre (axe logarithmique)

Seuil : $0{,}110\ \text{mm} = 110\ \mu\text{m}$, soit juste après la graduation 100 de l'axe des diamètres.

À droite de ce seuil, la courbe A reste d'abord légèrement au-dessus de la B, puis les courbes se croisent vers 150 µm. Au-delà, jusqu'à 600 µm environ, la courbe B est nettement au-dessus de la A.

Sur l'ensemble des diamètres supérieurs à 110 µm, le sucre B contient donc davantage de particules que le sucre A.

Le sucre **A** contient le moins de grosses particules : c'est lui qui aura la qualification « sucre glace ».

PIÈGE
Comparer les hauteurs des maxima : le sucre A a le pic le plus haut, mais il se situe vers 30 µm, donc parmi les petites particules. Seule la zone au-delà de 110 µm compte.

COMPRENDRE
L'axe horizontal est logarithmique : entre 100 et 1000, les traits verticaux correspondent à 200, 300, 400… Le seuil de 110 µm est donc presque confondu avec la graduation 100.