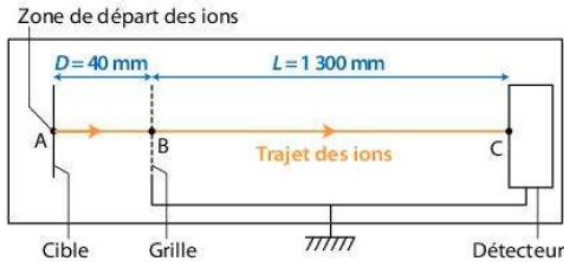


Série-Rév-16

Le spectromètre de masse

La spectrométrie de masse est une technique de laboratoire d'analyse destructive, qui permet d'identifier et de caractériser une molécule, mais qui exige préalablement de la casser et l'ioniser. Les fragments ionisés ainsi créés, notés F_i^+ , sont alors accélérés entre la cible et la grille. Après la grille, ils arrivent jusqu'au détecteur en traversant une zone dans laquelle ne règne aucun champ électrique. Le poids de chaque fragment ionisé est négligé dans l'étude qui suit.

1. On donne ci-dessous le schéma simplifié d'une partie du spectromètre de masse.



a. Représenter sur ce schéma, sans souci d'échelle, la force électrique \vec{F} qui s'exerce sur un fragment ionisé F_i^+ situé en A pour qu'il soit accéléré de la cible jusqu'à la grille située en B. En déduire la direction et le sens du champ électrique \vec{E} , supposé uniforme, qui règne entre la cible et la grille.

b. Un fragment ionisé F_i^+ de masse m quitte la position A de la cible avec une vitesse de valeur négligeable. On applique entre la cible et la grille, distantes de D , une tension U .

Montrer, par application du théorème de l'énergie cinétique, que la valeur v_B de la vitesse du fragment ionisé F_i^+ en B a pour expression $v_B = \sqrt{\frac{2e \times U}{m}}$.

c. Calculer la valeur v_B de la vitesse pour une valeur de tension appliquée U égale à 20 kV, sachant que la masse du fragment ionisé est $m = 7,1 \times 10^{-26}$ kg.

2. Montrer que le mouvement du fragment ionisé F_i^+ dans la zone entre la grille et le détecteur est rectiligne uniforme. En déduire l'expression de la durée nécessaire Δt_{BC} pour qu'un fragment parcoure la distance BC.

3. On appelle « temps de vol » (*time of flight*), la durée du parcours du fragment ionisé F_i^+ entre la cible et le détecteur.

a. Appliquer la deuxième loi de Newton pour exprimer la durée mise par le fragment pour se déplacer entre la cible et la grille.

b. Montrer que le « temps de vol » τ a pour expression :

$$\tau = D \times \sqrt{\frac{2m}{e \times U}} + L \times \sqrt{\frac{m}{2e \times U}}$$

c. Expliquer comment il est possible d'identifier les différents fragments de la molécule dans ce spectromètre de masse.

Données

- Charge élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C.
- Expression du travail de la force électrique lors du déplacement d'une particule de charge q entre une position A et une position B : $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = q \times U_{AB}$.

Cuiseur solaire

Pour réaliser un œuf poché avec un cuiseur solaire, on chauffe de 20 à 95 °C, 250 g d'eau dans un récipient pesant 500 g. On considère le système {eau et son récipient}.

1. a. Quels sont les signes des transferts d'énergie entre le système et l'enveloppe métallique du cuiseur solaire, le système et le soleil qui l'éclaire, le système et l'air environnant ?

b. Seul le transfert thermique entre le cuiseur solaire et le système est pris en compte, les autres transferts étant négligés, car très faibles d'un point de vue énergétique. Exprimer la variation d'énergie interne du système.

2. Calculer la variation d'énergie interne du système.

Donnée

Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$;
capacité thermique du récipient : $c_r = 445 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$.



Performances sportives et sciences

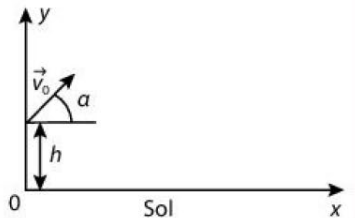
Les sciences permettent d'analyser et de comprendre les performances sportives des athlètes.

A Le lancer de marteau



Le lancer de marteau consiste à lancer le plus loin possible un boulet auquel est fixé un câble en acier muni d'une poignée. Durant la phase d'élan, l'athlète fait prendre de la vitesse à son marteau en tournant sur lui-même. À la fin de la phase d'élan, le mouvement du boulet peut être assimilé à un mouvement circulaire et uniforme de rayon $R = 2,2$ m et dont la vitesse initiale a pour valeur $v_0 = 26 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Le marteau est ensuite lâché avant d'atterrir sur le sol. Le mouvement du boulet, modélisé par un point matériel M , est étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen auquel on associe le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) . Toutes

les actions de l'air sont négligées lors des deux phases du lancer.



Données

- Masse du boulet : $m = 4,0 \text{ kg}$.
- Angle d'envol : $\alpha = 45^\circ$.
- Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.
- Hauteur du boulet au moment du lâcher : $h = 3,0 \text{ m}$.

B Créatine et créatinine

• La créatine contribue à l'apport en énergie aux cellules musculaires. Les besoins en créatine d'un sportif de haut niveau sont de 3 à 4 g par jour. Lors du fonctionnement du muscle, de la créatine se transforme spontanément en créatinine. Le taux de créatinine sanguine dépend de la masse musculaire de l'individu. Les valeurs attendues chez la femme sont comprises entre 4 à $12 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

• En milieu basique, la créatine réagit avec un excès d'acide picrique pour donner un composé orangé de picrate de créatinine. L'intensité de la couleur obtenue est proportionnelle à la concentration de créatinine. On réalise les mélanges suivants :

Tube 1 : 1,0 mL d'eau distillée ; 1,0 mL de solution d'hydroxyde de sodium ; 1,0 mL de solution d'acide picrique.

Tube 2 : 1,0 mL de sérum sanguin de l'athlète ; 1,0 mL de solution d'hydroxyde de sodium ; 1,0 mL de solution d'acide picrique.

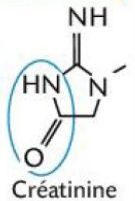
Tube 3 : 1,0 mL d'une solution de créatinine de concentration $C = 100 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; 1,0 mL de solution d'hydroxyde de sodium ; 1,0 mL de solution d'acide picrique.

Les mesures d'absorbance des solutions avec un spectrophotomètre réglé sur la longueur d'onde 500 nm donnent :

	Tube 1	Tube 2	Tube 3
Absorbance	0,00	0,71	0,62

Données

- Formules topologiques : NC(=O)N(C)C(=O)O Créatine
- Masses molaires atomiques : $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{N}) = 14,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.



Partie I : Le lancer du marteau

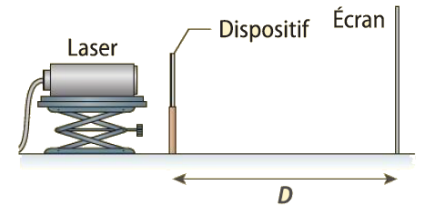
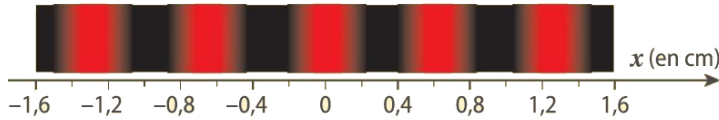
1. À la fin de la phase d'élan, déterminer les caractéristiques du vecteur accélération du boulet dans le repère de FRENET.
2. En appliquant la deuxième loi de Newton, justifier le fait que, dans le cas de ce mouvement circulaire et uniforme, le poids du boulet est négligeable devant la force exercée par le câble sur le boulet.
3. Établir l'équation de la trajectoire du boulet dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) après avoir quitté la main de l'athlète.
4. Le record du monde féminin à 82,98 m a-t-il été battu lors de ce lancer ?

Partie II : Créatine et créatinine

5. Déterminer la formule brute de la créatinine et calculer sa masse molaire moléculaire.
6. Nommer les groupes caractéristiques entourés dans les formules topologiques de la créatine et de la créatinine. Associer à chacun d'eux une famille fonctionnelle.
7. Déduire des résultats du dosage, si le taux de créatinine dans le sang de l'athlète est dans l'encadrement attendu.
8. Proposer une cause possible d'un taux anormalement élevé de créatinine dans le sang de l'athlète.

25 Expérience avec un laser

Lors d'une séance de travaux pratiques portant sur les propriétés de la lumière, un élève obtient la figure suivante à l'aide du montage décrit ci-contre.



Données

- Longueur d'onde du laser rouge : $\lambda = 632,8 \text{ nm}$
- Distance entre le dispositif et l'écran : $D = 2,50 \text{ m}$
- Expressions du cours :
 - angle caractéristique de diffraction : $\theta = \frac{\lambda}{a}$
 - interfrange : $i = \frac{\lambda D}{b}$

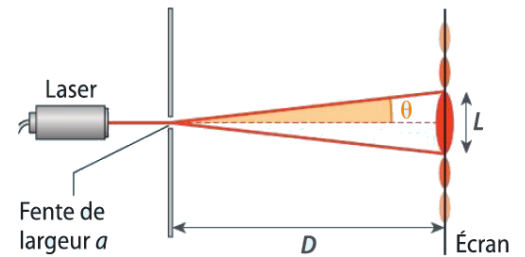
- Quel est le phénomène observé ? En déduire la nature du dispositif intercalé sur le trajet du laser.
- Décrire, en utilisant le vocabulaire adapté, les phénomènes physiques qui expliquent l'existence de franges brillantes et de franges sombres.
- Comment s'appelle la distance entre deux franges lumineuses ou deux franges sombres consécutives ? Déterminer cette valeur.
- Nommer et calculer la grandeur caractéristique du dispositif.

27 Observation d'interférences avec un laser

Partie 1. Détermination de la longueur d'onde

Pour déterminer la longueur d'onde λ d'un laser, on effectue l'étude de la diffraction du faisceau. La manipulation est réalisée avec une série de fentes calibrées dont la largeur est notée a . La distance entre le porte-fente et l'écran vaut $D = 2,00 \text{ m}$. Les mesures de la largeur L de la tache centrale de diffraction sont reportées dans le tableau suivant.

a (en μm)	50	70	100	150	200
L (en cm)	5,1	3,6	2,5	1,7	1,3

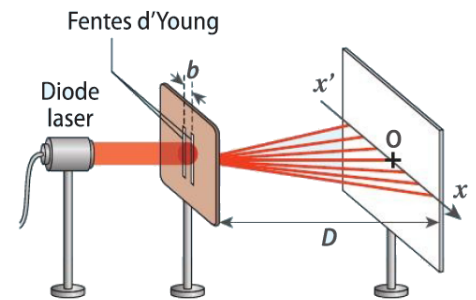


Donnée Angle caractéristique de diffraction d'une onde de longueur d'onde λ par une fente de largeur a : $\theta = \frac{\lambda}{a}$

- Établir la relation liant θ , L et D , en prenant $\tan \theta \approx \theta$.
- Montrer que $L = \frac{2\lambda D}{a}$.
- Tracer, sur papier millimétré, la courbe donnant L en fonction de $\frac{1}{a}$.
- Vérifier l'alignement des points, tracer la droite-modèle et déterminer son coefficient directeur. En déduire la valeur de la longueur d'onde λ du laser.

Partie 2. Étude des interférences constructives et destructives

Le faisceau laser étudié dans la **partie 1**, est braqué vers un dispositif de fentes d'Young verticales, distantes de $b = 0,10 \text{ mm}$. On prendra $\lambda = 633 \text{ nm}$. La figure d'interférences est observée sur un écran situé à $D = 1,00 \text{ m}$ du dispositif. Sur l'écran, le point O est le point où le faisceau laser le frappe si on retire les fentes. On définit sur l'écran l'axe horizontal (Ox) d'origine O. Sur cet axe, on repère la position d'un point M par son abscisse x . La différence de chemin optique entre les ondes issues des deux fentes est donnée par la relation $\delta = \frac{bx}{D}$.



- Géométriquement, sans calcul, que peut-on dire de la différence de chemin optique au point O ? Qu'en déduit-on pour l'intensité lumineuse observée en ce point ?
- Déterminer les abscisses x pour lesquelles on observe des maxima de lumière. Retrouver le résultat de la question **a**.
- Déterminer les abscisses x pour lesquelles on observe des minima de lumière.
- Définir et calculer l'interfrange i .
- Qu'observe-t-on en un point d'abscisse $x = 25,3 \text{ mm}$? d'abscisse $x = -34,8 \text{ mm}$? d'abscisse $x = 7,9 \text{ mm}$?

Données

- Célérité du son dans l'air à $25 \text{ }^\circ\text{C}$: $c_{\text{son}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- Intensité sonore de référence : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$
- Interfrange : $i = \frac{\lambda D}{b}$

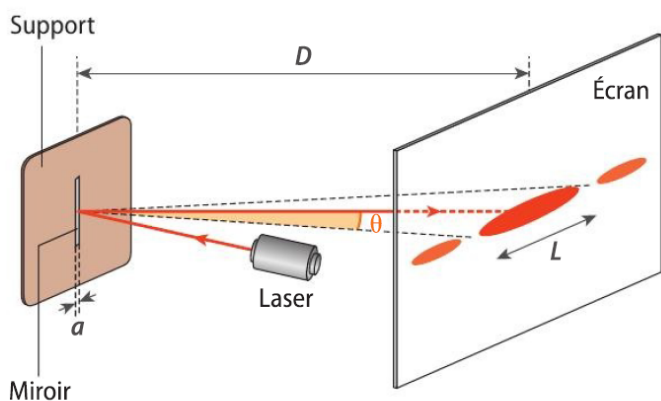
- Rappels**
- Niveau d'intensité sonore : $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$
 - Angle caractéristique de diffraction : $\theta = \frac{\lambda}{a}$

68 Étude d'un écran de smartphone

Lorsqu'il est allumé, un écran de téléphone portable est constitué de pixels (contraction de *picture elements*) en forme de petits carrés de luminosité et de couleurs différentes qui forment l'image affichée. Chaque pixel est composé lui-même d'un ensemble de trois luminophores de couleurs respectives rouge, vert et bleu.

1. Diffraction par un petit miroir

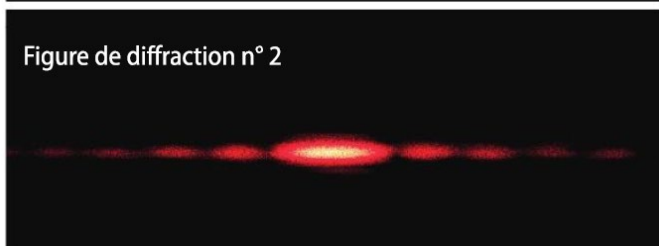
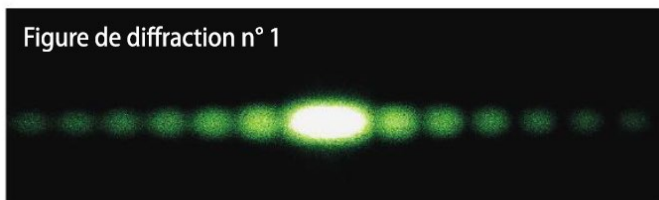
Lorsqu'un faisceau laser se réfléchit sur un très petit miroir rectangulaire, de grande hauteur et de largeur très petite, monté sur un support, on observe sur un écran une figure de diffraction analogue à celle observée lorsque ce faisceau laser traverse une fente dont les dimensions sont les mêmes que celles du miroir. On note a la largeur du miroir, D la distance entre le miroir et l'écran et λ la longueur d'onde du laser utilisé. On note θ l'écart angulaire (exprimé en radians) entre le milieu de la tache centrale brillante et la première extinction.



1.1. Donner, en le justifiant, un ordre de grandeur possible de la largeur a du miroir, si on utilise une lumière visible pour observer une figure de diffraction.

1.2. Rappeler la relation entre l'écart angulaire θ , la largeur du miroir a et la longueur d'onde λ .

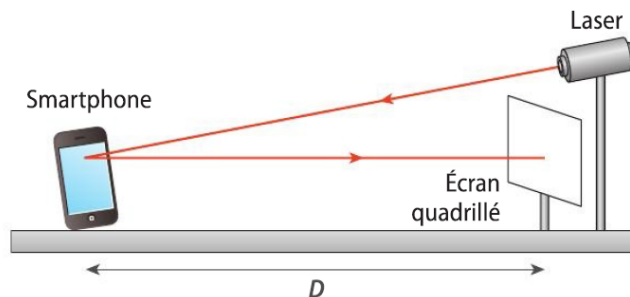
1.3. Voici les deux figures de diffraction par réflexion obtenues sur un écran avec un laser vert (figure 1) puis avec un laser rouge (figure 2).



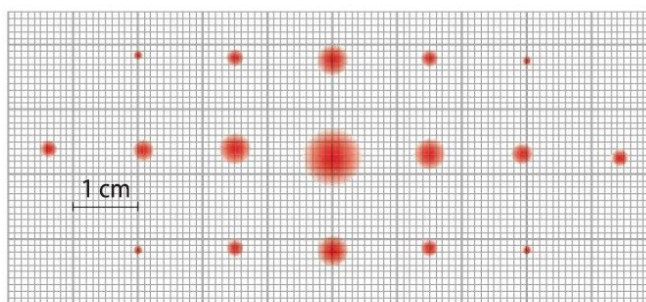
Sachant que le laser rouge utilisé a une longueur d'onde $\lambda_R = 632,8 \text{ nm}$, déterminer celle λ_V du laser vert.

2. Détermination de la taille d'un pixel

On braque maintenant le laser rouge vers l'écran d'un smartphone. Les pixels sont assimilés à une juxtaposition de très petits miroirs carrés accolés, de côté b . Le dispositif expérimental est schématisé sur la figure suivante.



On observe la figure obtenue sur un écran quadrillé.



Cette figure est assimilable à une figure d'interférences à deux dimensions : l'interfrange i , distance entre deux points lumineux consécutifs sur l'axe horizontal ou sur l'axe vertical, est lié à la distance b entre les centres de deux miroirs sur l'un ou l'autre de ces axes et à la longueur d'onde λ :

$$i = \frac{\lambda D}{b}$$

Données

- Distance entre l'écran du smartphone et l'écran quadrillé : $D = (1,74 \pm 0,03) \text{ m}$
- Longueur d'onde du laser : $\lambda = 632,8 \text{ nm}$

2.1. Déterminer le plus précisément possible la distance i entre deux points lumineux consécutifs.

2.2. En déduire la valeur du côté b d'un pixel carré.

2.3. Un écran de smartphone a une largeur de 6 cm et une hauteur de 11 cm.

Estimer le nombre de pixels qu'il comporte.

Adapté du sujet de Bac Antilles-Guyane, septembre 2018.

DES CLÉS POUR RÉUSSIR

1.2. La relation est celle donnée dans le cours pour l'angle caractéristique de diffraction.

1.3. Les figures permettent de comparer les largeurs des taches centrales. En combinant les expressions de chacune d'elles en fonction des longueurs d'onde, on peut déduire λ_V de λ_R .

2.1. Pour augmenter la précision de la mesure, il vaut mieux mesurer plusieurs interfranges.