

Physique-Chimie - EXERCICE I (11 points)

La microfiltration des eaux usées représente de nos jours un enjeu sanitaire et écologique majeur. Le liquide à dépolluer s'écoule dans des membranes microporeuses. Pour simplifier, on peut considérer qu'une membrane est une plaque percée de trous circulaires de diamètre a et espacés les uns des autres d'une distance b . On se propose ici de déterminer expérimentalement a et b par un dispositif optique mettant en jeu les phénomènes de diffraction et d'interférences de la lumière.

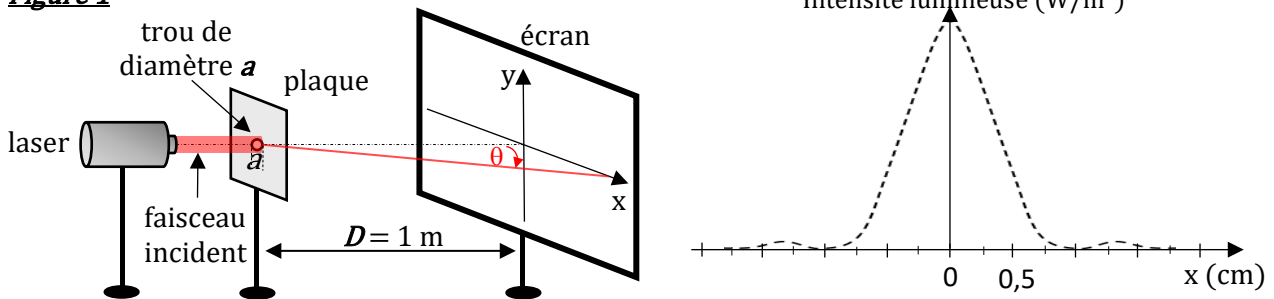
Partie 1 : Questions préliminaires. Un laser produisant une radiation électromagnétique monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 500 \text{ nm}$ est utilisé dans le dispositif optique.

I-1- Donner l'expression littérale reliant la fréquence f et λ . En déduire la valeur numérique de f .

I-2- Terminer la phrase suivante en cochant la bonne réponse sur le document réponse : « Les expériences de diffraction et d'interférences apportent la preuve que la lumière a une nature ... »

Partie 2 : Diffraction. On éclaire un trou circulaire de diamètre a par le laser selon le protocole expérimental décrit sur la figure 1. Un phénomène de diffraction se produit. La figure de diffraction est observée sur un écran placé à une distance D de la plaque percée. Dans le cas de la diffraction par un trou circulaire, l'écart angulaire de diffraction θ a pour expression littérale : $\theta = 1,2 \frac{\lambda}{a}$.

Figure 1



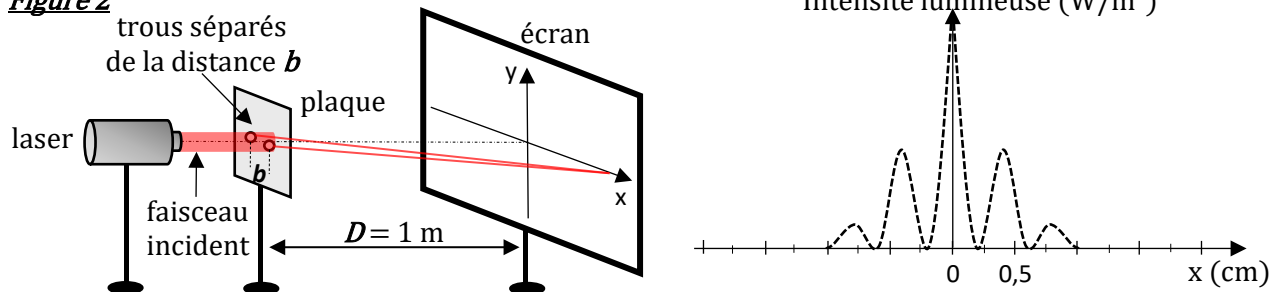
I-3- Parmi les exemples de figures de diffraction proposées dans le document réponse, choisir celle correspondant à la diffraction obtenue avec un trou circulaire.

I-4- Le graphique de la figure 1 représente les variations de l'intensité lumineuse mesurées sur l'écran en fonction de l'axe x . Donner la valeur numérique de la largeur L de la tache centrale.

I-5- En faisant l'approximation des petits angles ($\theta \approx \frac{L}{2D}$), donner l'expression littérale du diamètre du trou circulaire a en fonction de λ , D et L . En déduire sa valeur numérique.

Partie 3 : Interférences. On éclaire deux trous circulaires de diamètre a et séparés par la distance b selon le protocole expérimental décrit à la figure 2. En plus du phénomène de diffraction, un phénomène d'interférences se produit également. La figure d'interférences s'observe sur l'écran.

Figure 2



I-6- Parmi les exemples de figures d'interférences proposées dans le document réponse, choisir celle correspondant aux interférences obtenues avec des trous circulaires (cas des trous d'Young).

I-7- Le graphique de la figure 2 représente les variations de l'intensité lumineuse mesurées sur l'écran en fonction de l'axe x . Donner la valeur numérique de l'interfrange i .

I-8- A partir d'une analyse dimensionnelle, choisir sur le document réponse l'expression littérale liant l'espacement b entre les deux trous, λ , D et i . En déduire la valeur numérique de l'espacement b .

Physique-Chimie - EXERCICE II (13 points)

Le lactate d'éthyle est un composé de formule semi-développée $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{OH})-\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ que l'on retrouve dans différents secteurs industriels, notamment utilisé comme solvant, décapant, additif alimentaire ; on le retrouve aussi dans la formulation de produits cosmétiques ou encore la synthèse de médicaments.

Données :

Masse molaire du lactate d'éthyle : $118,0 \text{ g.mol}^{-1}$;

Masse molaire de l'acide lactique : $90,0 \text{ g.mol}^{-1}$;

Masse molaire de l'éthanol : $46,0 \text{ g.mol}^{-1}$

II-1- Donner la formule brute du lactate d'éthyle.

II-2- Représenter le schéma de Lewis du lactate d'éthyle. Entourer les groupements fonctionnels présents dans la molécule et nommer les fonctions correspondantes.

La synthèse du lactate d'éthyle peut être obtenue par réaction de l'acide lactique $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{OH})-\text{COOH}$ sur l'éthanol $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2\text{OH}$, selon l'équation-bilan :



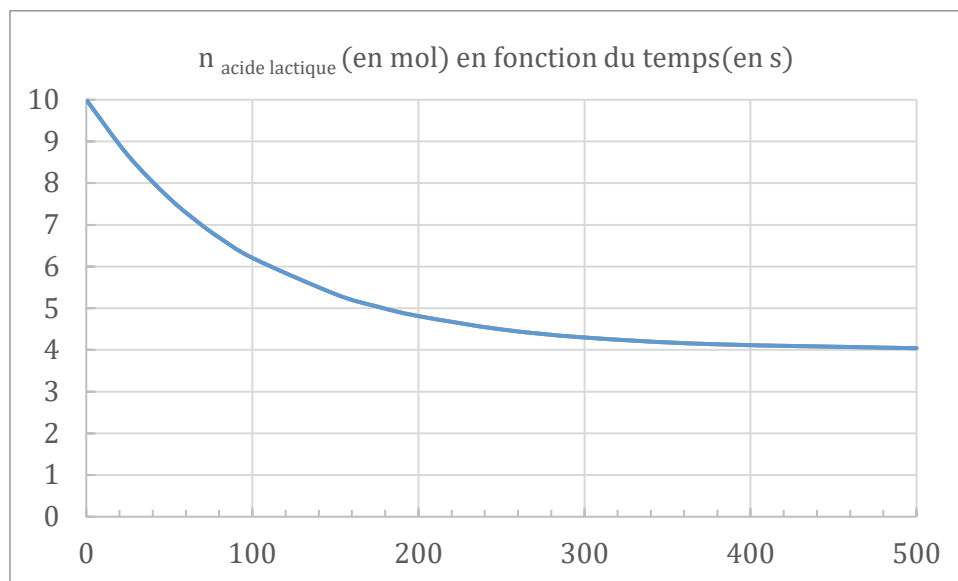
On réalise pour la mettre en œuvre un mélange équimolaire $10,0 \text{ mol}$ d'acide lactique + $10,0 \text{ mol}$ d'éthanol, auquel on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique. On considère le volume constant.

II-3- Donner les valeurs des masses d'acide lactique et d'éthanol qu'il faut introduire dans le réacteur pour obtenir le mélange initial désiré.

II-4- Identifier le composé X qui se forme au cours de la synthèse.

II-5- Préciser le rôle de l'acide sulfurique.

La quantité d'acide lactique en fonction du temps est suivie expérimentalement et donne les mesures suivantes :



II-6- Représenter sur le même graphe l'évolution de la quantité de lactate d'éthyle formé au cours du temps.

II-7- Déterminer le temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

II-8- Déterminer la vitesse instantanée de disparition de l'acide lactique (en mol.s^{-1}) ainsi que le quotient réactionnel Q_r aux dates $t = 0 \text{ s}$ et $t = 500 \text{ s}$:

$$Q_r = \frac{[\text{H}_3\text{CCH}(\text{OH})\text{COOCH}_2\text{CH}_3] \cdot [\text{X}]}{[\text{H}_3\text{CCH}(\text{OH})\text{COOH}] \cdot [\text{H}_3\text{CCH}_2\text{OH}]}$$

On choisira les réponses des questions 8 et 9 parmi les valeurs numériques suivantes :

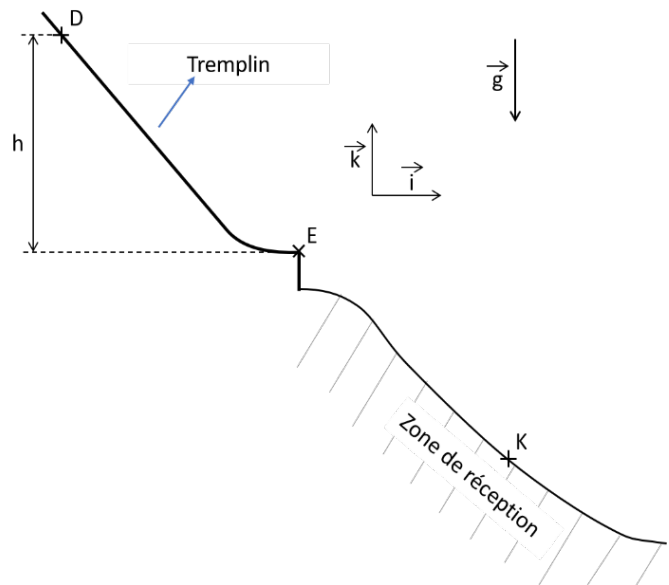
$-6,0 \times 10^3$; $-22,5$; -1 ; $-6,0 \times 10^{-3}$; 0 ; $2,25 \times 10^{-3}$; $0,06$; 1 ; $2,25$; $2,25 \times 10^3$

II-9- Donner la valeur de la constante d'équilibre de la réaction.

Physique-Chimie - EXERCICE III (16 points)

Au cours d'une épreuve de saut à ski, le skieur démarre sa prise d'élan sur un tremplin (schéma ci-contre) au point D pour prendre son envol au point E, à l'extrémité inférieure du tremplin. Pour ne pas être pénalisé sur la note de saut, le sportif doit atterrir au point K, ou plus loin dans la zone de réception. La hauteur du tremplin est notée h .

Dans tout l'exercice, l'accélération de la pesanteur est $\vec{g} = -g \vec{k}$ avec $g = 10 \text{ m/s}^2$. On assimilera le skieur à un point G qui se déplace le long du tremplin pendant la prise d'élan, puis dans l'air au cours du vol ; sa masse est $m = 50 \text{ kg}$.



Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

Partie 1 : Prise d'élan sur le tremplin

Le départ s'effectue sans vitesse initiale ; la vitesse du skieur au point d'envol E est notée V_E . Les frottements avec l'air et la piste sont négligés : le skieur n'est soumis qu'à son poids et à la réaction normale de la piste.

III-1- Exprimer la variation d'énergie potentielle de pesanteur du skieur entre les points D et E, en fonction des paramètres pertinents parmi g , h , m , V_E .

III-2- Exprimer variation d'énergie cinétique du skieur entre D et E en fonction des paramètres pertinents parmi g , h , m , V_E .

III-3- En appliquant la conservation de l'énergie mécanique, donner l'expression de la vitesse V_E en fonction des paramètres pertinents parmi m , g et h . Faire l'application numérique pour $h = 45 \text{ m}$.

Partie 2 : Etude d'un saut dans le repère (E, \vec{i}, \vec{k})

Dans cette partie, on étudie un saut effectué avec une vitesse initiale horizontale : $\vec{V}_E = V_E \vec{i}$ avec $V_E = 20 \text{ m/s}$.

L'instant $t = 0$ est défini comme l'instant d'envol du skieur depuis le point E, origine du repère. On note $\vec{v}(t) = v_x(t) \vec{i} + v_z(t) \vec{k}$ et $\vec{a}(t) = a_x(t) \vec{i} + a_z(t) \vec{k}$ les vecteurs vitesse et accélération du point G à l'instant t .

Afin d'atterrir le plus loin possible dans la zone de réception, le skieur adopte une position « en V ». Les frottements avec l'air ne peuvent plus être négligés et l'on considérera que le skieur subit une force de réaction de l'air constante au cours de son vol : $\vec{R} = R_x \vec{i} + R_z \vec{k}$ avec $R_x = -100 \text{ N}$ et $R_z = 50 \text{ N}$.

III-4- Calculer la valeur du poids \vec{P} du skieur.

III-5- Représenter sur le schéma les forces \vec{R} et \vec{P} appliquées au point G en respectant l'échelle.

III-6- Ecrire la 2^e loi de Newton (principe fondamental de la dynamique) appliquée au skieur pendant le vol.

III-7- En déduire les expressions littérales des coordonnées du vecteur accélération à l'instant t .

III-8- Déterminer les expressions littérales des coordonnées du vecteur vitesse à l'instant t .

III-9- Montrer que les coordonnées $x(t)$ et $z(t)$ du skieur, exprimées en mètres dans le repère (E, \vec{i}, \vec{k}) , ont pour expressions $x(t) = (20 - t)t$ et $z(t) = -4,5t^2$ avec t exprimé en secondes. Justifier en donnant les expressions littérales de $x(t)$ et $z(t)$.

III-10- Application numérique : calculer les coordonnées théoriques du skieur à l'instant $t = 2 \text{ s}$.

III-11- Sachant que le point K a pour coordonnées $x_K = 36 \text{ m}$ et $y_K = -17 \text{ m}$, où le skieur atterrit-il à la fin de son saut ? (Choisir la réponse correcte)