2006 Polynésie **EXERCICE II : OÙ IL EST QUESTION DE LUMIÈRE… (6 points)**

Les parties A et B peuvent être traitées de façon indépendante

PARTIE A

Un faisceau de lumière, parallèle monochromatique. de longueur d'onde λ, produit par une source laser arrive sur un fil vertical, de diamètre a (a est de l'ordre du dixième de millimètre). On place un écran à une distance D de ce fil; la distance D est grande devant a (cf. **figure 1***).*

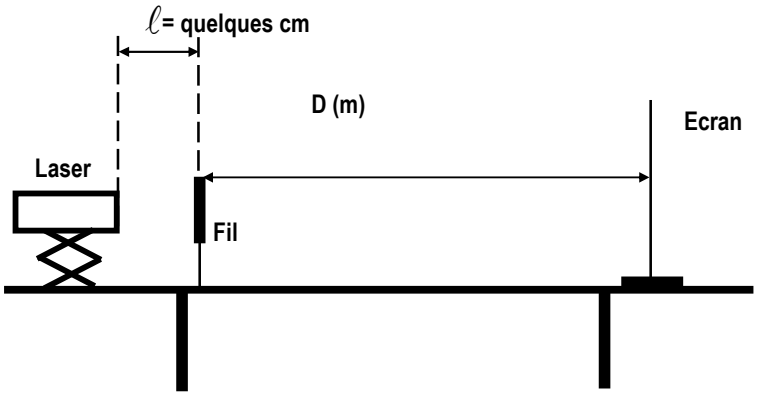


Figure 1

1. La **figure 2 de l'annexe à rendre avec la copie** présente l'expérience vue de dessus et la figure observée sur l'écran.
   Quel enseignement sur la nature de la lumière ce phénomène apporte-t-il ? Nommer ce phénomène.

2. Faire apparaître sur la **figure 2 de l'annexe** l'écart angulaire ou demi-angle de diffraction θ et la distance D entre l'objet diffractant (en l'occurrence le fil) et l'écran.

3. En utilisant la **figure 2 de l'annexe** exprimer l'écart angulaire θ en fonction des grandeurs L et D sachant que pour de petits angles exprimés en radian : $\tan \theta = \theta$.

4. Quelle expression mathématique lie les grandeurs θ, λ et a ? (On supposera que la loi est la même que pour une fente de largeur a). Préciser les unités respectives de ces grandeurs physiques.

5. En utilisant les résultats précédents, montrer que la largeur L de la tâche centrale de diffraction s'exprime par :

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

6. On dispose de deux fils calibrés de diamètres respectifs $a_1 = 60$ µm et $a_2 = 80$ µm.
   On place successivement ces deux fils verticaux dans le dispositif présenté par la **figure 1**. On obtient sur l'écran deux figures de diffraction distinctes notées A et B (cf. **figure 3 annexe**). Associer, en le justifiant, à chacun des deux fils la figure de diffraction qui lui correspond.

On cherche maintenant à déterminer expérimentalement la longueur d'onde dans le vide λ de la lumière monochromatique émise par la source laser utilisée.

Pour cela, on place devant le faisceau laser des fils calibrés verticaux.

On désigne par « a » le diamètre d'un fil. La figure de diffraction obtenue est observée sur un écran blanc situé à une distance D = 2,50 m des fils.

Pour chacun des fils, on mesure la largeur L de la tâche centrale de diffraction.

On trace la courbe L = f(1/a) (cf. **figure 4, annexe**)

7. La lumière émise par la source laser est dite monochromatique. Quelle est la signification de ce terme ?

8. Montrer que l'allure de la courbe L = f(1/a) obtenue est en accord avec l'expression de L donnée en 5.

9. Donner l'équation de la courbe L = f(1/a) et en déduire la longueur d'onde λ dans le vide de la lumière monochromatique constitutive du faisceau laser utilisé.

10. Calculer la fréquence de la lumière monochromatique émise par la source laser.

11. On éclaire avec cette source laser un verre flint d'indice $n(\lambda) = 1,64$.
À la traversée de ce milieu transparent dispersif, les valeurs de la fréquence, de la longueur d'onde et la couleur associées à cette radiation varient-elles ?

Donnée: célérité de la lumière dans le vide ou dans l'air $c = 3,00 \times 10^8$ m.s^{-1}.

PARTIE B

On étudie la cinétique de la réaction, en solution aqueuse, entre les ions permanganate, de formule $MnO_{4\,(aq)}^-$, et l'acide éthanedioïque, ou acide oxalique de formule $H_2C_2O_{4\,(aq)}$.
L'équation associée à la réaction, considérée comme totale, modélisant la transformation chimique étudiée s'écrit :

$$2\ MnO_{4\,(aq)}^- + 5\ H_2C_2O_{4\,(aq)} + 6\ H_3O^+_{\,(aq)} = 2\ Mn^{2+}_{\,(aq)} + 10\ CO_{2\,(aq)} + 14\ H_2O_{\,(\ell)}$$

On suit l'évolution du système chimique par spectrophotométrie.

En solution aqueuse, les ions permanganate absorbent une partie des radiations du spectre visible contrairement à toutes les autres espèces chimiques présentes dans le milieu réactionnel qui n'interagissent pas avec la lumière visible.

Le spectrophotomètre est réglé sur la longueur d'onde λ dans l'air de l'une des radiations absorbées par les ions permanganate. Il permet de mesurer l'absorbance A_λ de la solution du milieu réactionnel.

L'absorbance A_λ de la solution est une grandeur qui est proportionnelle à la concentration effective des ions permanganate, soit :

$$A_\lambda\,(t) = k.\,[MnO_{4\,(aq)}^-]\,(t)$$

1. Radiation lumineuse et suivi spectrophotométrique

Le spectre d'absorption A = f(λ) d'une solution aqueuse de permanganate de potassium de concentration [$MnO_{4\,(aq)}^-$] = $5{,}0\times10^{-4}$ mol.L^{-1} en ions effectivement présents en solution est donné **figure 5 de l'annexe**.

1.1. Dans quel intervalle de longueurs d'onde l'absorbance est-elle significative ?

Quelle est la couleur de la solution ?

1.2. Un laser de longueur d'onde 540 nm serait-il adapté pour l'étude spectrophotométrique de la transformation ?

On introduit dans la cuve du spectrophotomètre, un volume V_1 = 1,0 mL d'une solution aqueuse acidifiée de permanganate de potassium de concentration effective en ions permanganate [$MnO_{4\,(aq)}^-$] = $5{,}0 \times 10^{-4}$ mol.L^{-1}.
À la date t_0 = 0 min, on ajoute un volume V_2 = 1,0 mL d'une solution aqueuse d'acide oxalique de concentration effective en acide oxalique [$H_2C_2O_{4\,(aq)}$] = $12{,}5 \times 10^{-4}$ mol.L^{-1}.
Le spectrophotomètre mesure l'absorbance du milieu réactionnel en fonction du temps (cf. **figure 6, annexe**).

2. Absorbance et cinétique chimique

2.1. En regard de la transformation chimique réalisée et de la réaction qui la modélise, justifier l'évolution de l'absorbance du milieu réactionnel au cours du temps.

2.2. Déterminer les quantités de matière initiales des ions permanganate et d'acide oxalique.

2.3. A l'aide d'un tableau d'avancement, déterminer l'avancement maximal en supposant les ions $H_3O^+_{(aq)}$ en large excès.

Le graphe donnant l'évolution de l'avancement au cours du temps se trouve dans la **figure 7 de l'annexe**.

2.4. On rappelle que la vitesse volumique de la réaction est donnée par l'expression :

$v(t) = \frac{1}{V_{mel}} \times \frac{dx}{dt}$ où V_{mel} représente le volume du mélange réactionnel.

a) Comment peut-on évaluer la vitesse volumique à une date t ?
b) Comment évolue la vitesse volumique de cette transformation ?

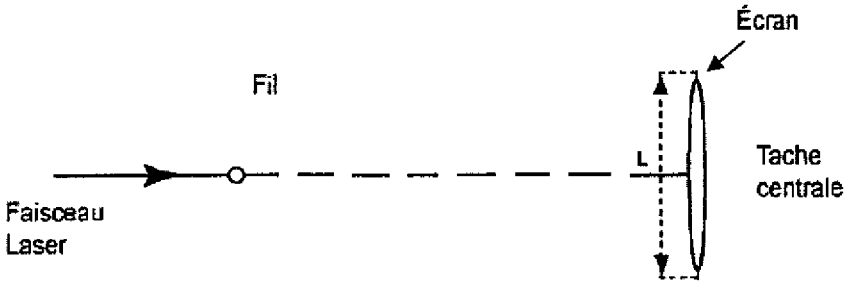
2.5. Définir le temps de demi réaction $t_{1/2}$.

2.6. Déterminer graphiquement $t_{1/2}$.

EXERCICE II: ANNEXE à rendre avec la copie

Questions A.1, A.2 et A.4

Figure 2 vue de dessus : le fil est perpendiculaire au plan de la figure



Question A.6: Figure 3

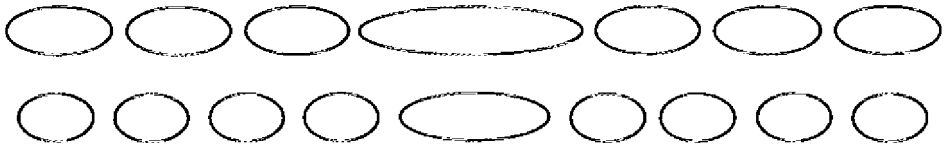
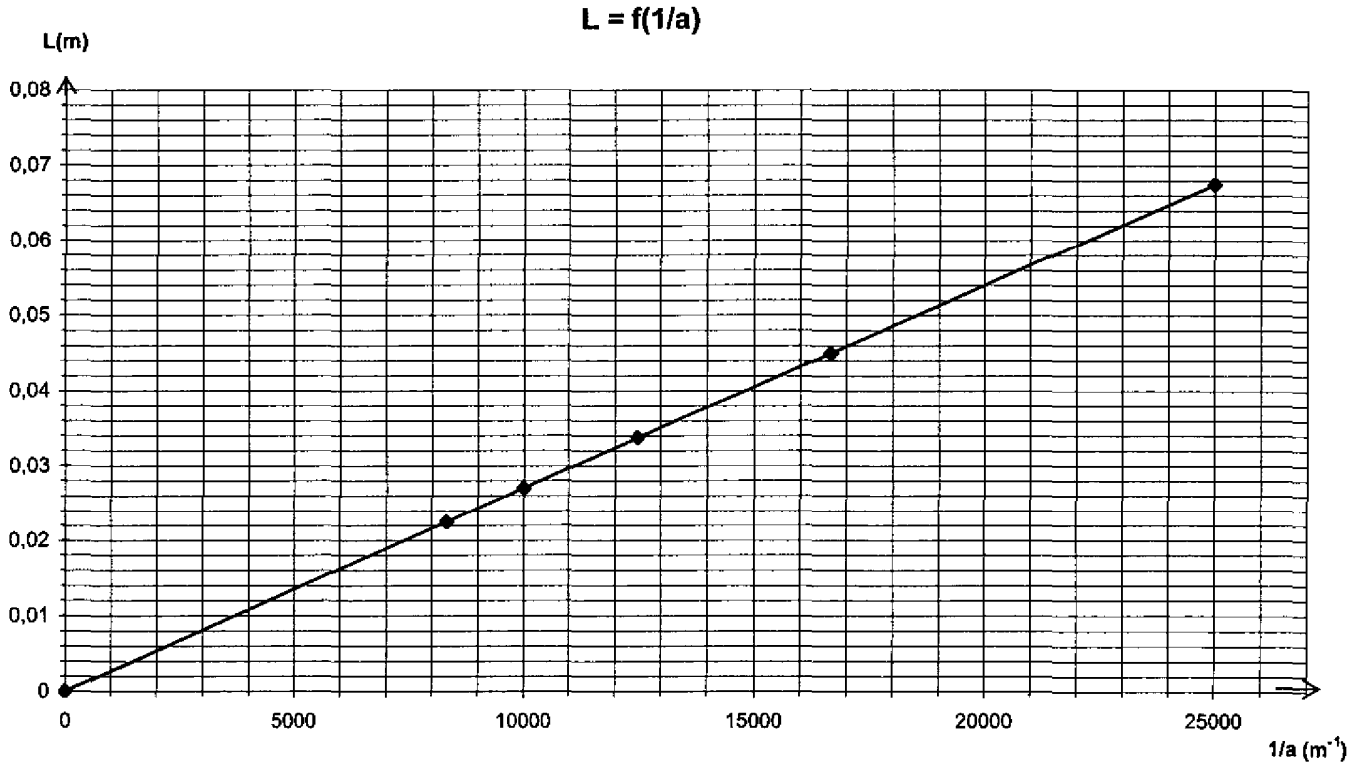


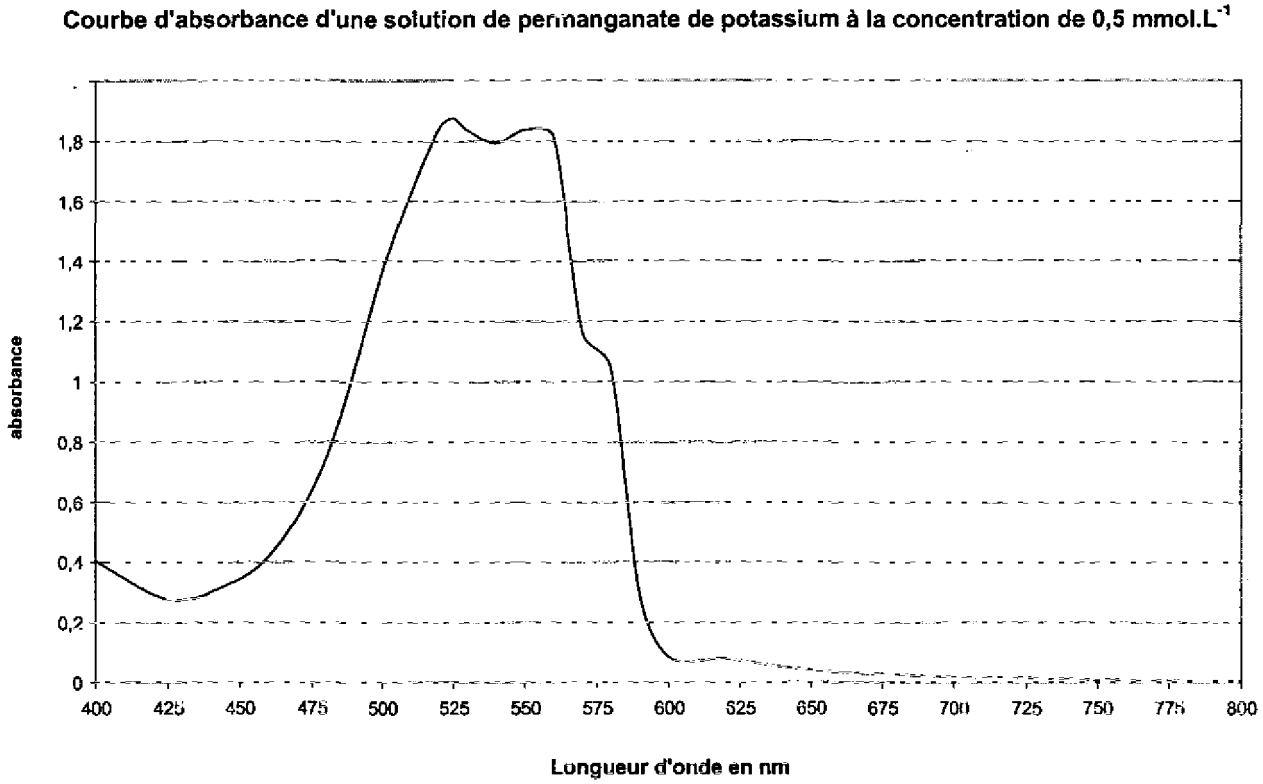
Figure A

Figure B

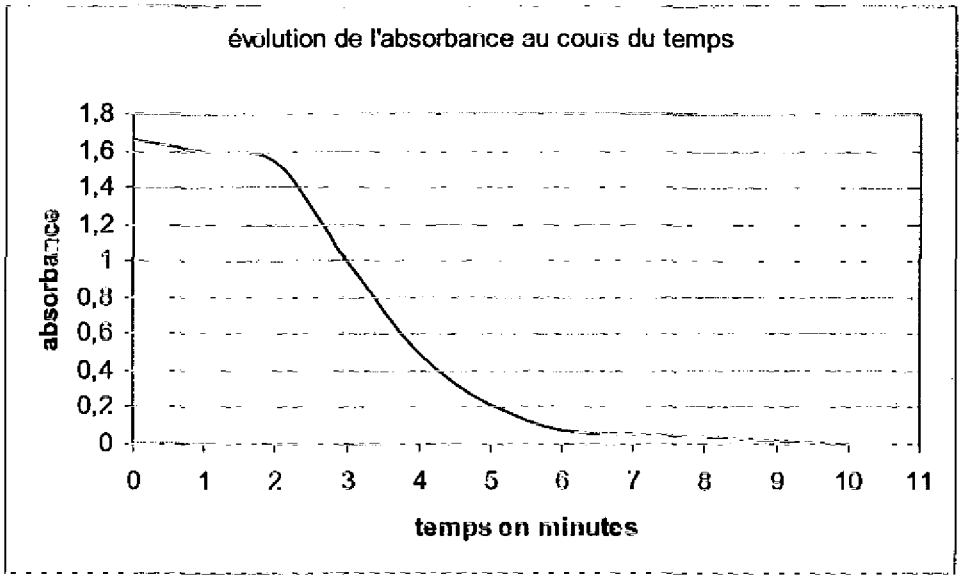
Questions A.8, A.9 : Figure 4



Question B.1 : Figure 5



Question B.2-1. Figure 6



Questions B.2.4. et B.2.6 : Figure 7

