

Les parties A et B peuvent être traitées de façon indépendante

PARTIE A (03 points)

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**).

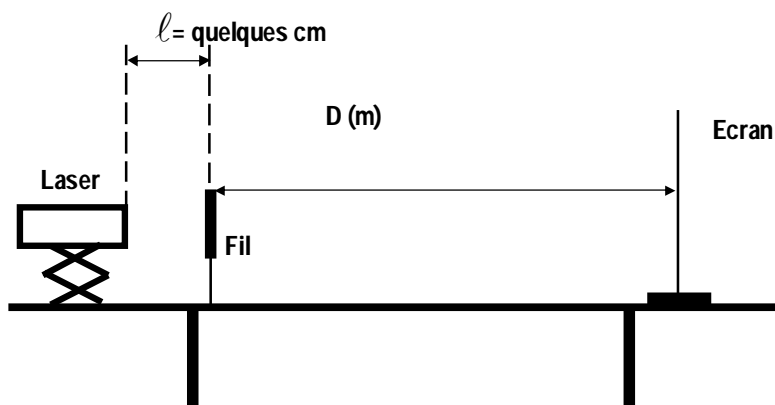


Figure 1

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 :

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

6. On dispose de deux fils calibrés de diamètres respectifs $a_1 = 60 \mu\text{m}$ et $a_2 = 80 \mu\text{m}$.
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**)

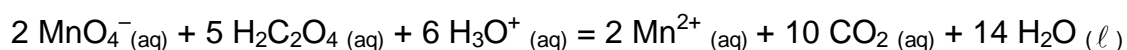
7. La lumière émise par la source laser est dite monochromatique. Quelle est la signification de ce terme ?
8. Montrer que l'allure de la courbe $L = f(1/a)$ obtenue est en accord avec l'expression de L donnée en 5.
9. Donner l'équation de la courbe $L = f(1/a)$ et en déduire la longueur d'onde λ dans 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 (10 points)

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 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (aq).

L'équation associée à la réaction, considérée comme totale, modélisant la transformation chimique étudiée s'écrit :



1. Equation d'oxydo-réduction.

- 1.1. Identifier les deux couples oxydoréduction mis en jeu.
- 1.2. En déduire, les deux demi-équations d'oxydoréduction des deux couples, puis identifier l'oxydation et la réduction.
- 1.3. Retrouver alors l'équation de la réaction entre les ions permanganate et l'acide oxalique

2. Radiation lumineuse et suivi spectrophotométrique

Le spectre d'absorption $A = f(\lambda)$ d'une solution aqueuse de permanganate de potassium de concentration $[\text{MnO}_4^- \text{(aq)}] = 5,0 \times 10^{-4}$ mol.L⁻¹ en ions effectivement présents en solution est donné **figure 5 de l'annexe**.

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.

- 2.1. Dans quel intervalle de longueurs d'onde l'absorbance est-elle significative ?
Quelle est la couleur de la solution ?
- 2.2. D'une manière générale, sur quel critère sélectionne-t-on la longueur d'onde pour effectuer un suivi spectrophotométrique ? Un laser de longueur d'onde 540 nm serait-il adapté pour l'étude spectrophotométrique de la transformation ?
- 2.3. Lors du réglage initial, quelle valeur doit-on donner à l'absorbance de la solution de référence avant toute mesure ? Comment s'appelle cette opération ?

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

$$A_\lambda (t) = k. [\text{MnO}_4^-]_{(\text{aq})} (t)$$

- 2.4. Comment appelle-t-on cette relation de proportionnalité entre l'absorbance et la concentration $[\text{MnO}_4^-]_{(\text{aq})}$.

3. Absorbance et cinétique chimique

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 $[\text{MnO}_4^-]_{(\text{aq})} = 5,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.

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 $[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]_{(\text{aq})} = 12,5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.

Le spectrophotomètre mesure l'absorbance du milieu réactionnel en fonction du temps (cf. **figure 6, annexe**).

- 3.1. 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.
- 3.2. Déterminer les quantités de matière initiales des ions permanganate et d'acide oxalique.
- 3.3. A l'aide d'un tableau d'avancement, déterminer l'avancement maximal en supposant les ions $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ en large excès.

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

- 3.4. Rappeler l'expression de la vitesse volumique en fonction du volume V_{mel} du mélange réactionnel et de l'avancement x .
- 3.5. Rappeler l'expression de la vitesse volumique en fonction de la concentration en ions permanganate $[\text{MnO}_4^-]_{(\text{aq})}$. Même question en fonction de la concentration $[\text{CO}_2]_{(\text{aq})}$ en dioxyde de carbone dissous dans le milieu aqueux.
- 3.6. Comment peut-on évaluer la vitesse volumique à une date t ? Comment évolue la vitesse volumique de cette transformation ? Quel facteur cinétique est mis en évidence ?

On fait l'hypothèse que l'un des produits formés au cours de la **réaction** est un catalyseur.

- 3.7. Rappeler le rôle d'un catalyseur.
- 3.8. En quoi cette hypothèse permet-elle d'expliquer une éventuelle différence entre la réponse donnée à la question **3.6** et l'évolution vue en classe ?
- 3.9. Tracer sur la même graphe l'allure de la courbe obtenue si on augmente la température du milieu réactionnel.
- 3.10. Définir le temps de demi réaction $t_{1/2}$.
- 3.11. Déterminer graphiquement $t_{1/2}$.

2004 Nouvelle Calédonie

EXERCICE II : RADIOACTIVITE

(7 points)

La glande thyroïde produit des hormones essentielles à différentes fonctions de l'organisme à partir de l'iode alimentaire. Pour vérifier la forme ou le fonctionnement de cette glande, on procède à une scintigraphie thyroïdienne en utilisant les isotopes 131 ($^{131}_{53}\text{I}$) ou 123 ($^{123}_{53}\text{I}$) de l'iode.

Pour cette scintigraphie, un patient ingère une masse $m = 1,00 \mu\text{g}$ de l'isotope $^{131}_{53}\text{I}$.

Données: Constante d'Avogadro: $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Masse molaire atomique de l'isotope $^{131}_{53}\text{I}$: $M = 131 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

1. Donner la composition du noyau de l'isotope $^{131}_{53}\text{I}$.
2. Qu'appelle-t-on un isotope ?
3. Montrer que le nombre d'atomes radioactifs (donc de noyaux radioactifs) initialement présents dans la dose ingérée est égal à $4,60 \times 10^{15}$ atomes.

Ce nombre sera noté N_0 pour la suite de l'exercice. L'instant de l'ingestion est pris pour origine des dates ($t = 0 \text{ s}$). L'isotope $^{131}_{53}\text{I}$ est radioactif β^- .

4. Après avoir précisé les lois de conservation utilisées, écrire l'équation de sa désintégration. On admettra que le noyau fils n'est pas produit dans un état excité.

Données: Quelques symboles d'éléments chimiques:

<i>antimoine</i> $_{51}\text{Sb}$	<i>tellure</i> $_{52}\text{Te}$	<i>iode</i> $_{53}\text{I}$	<i>xénon</i> $_{54}\text{Xe}$	<i>césium</i> $_{55}\text{Cs}$
--------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------

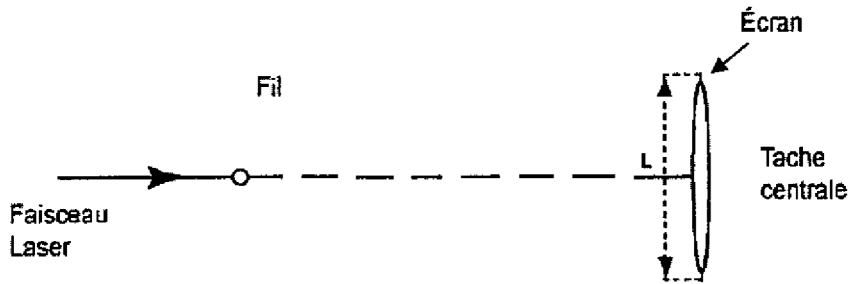
La demi-vie de l'isotope $^{131}_{53}\text{I}$ vaut 8,0 jours.

5. Rappeler la loi de décroissance radioactive en faisant intervenir N_0 et la constante radioactive λ .
6. Définir la demi-vie ($t_{1/2}$) d'un échantillon radioactif.
7. En déduire la relation $\ln 2 = \lambda \cdot t_{1/2}$.
8. Tracer, sur la figure donnée en annexe, l'allure de la courbe correspondant à l'évolution au cours du temps du nombre de noyaux radioactifs dans l'échantillon, en justifiant le raisonnement utilisé.
On placera correctement les points correspondant aux instants de $t_{1/2}$, $2 t_{1/2}$ et $3 t_{1/2}$.

ANNEXE Exercice 1 à rendre avec la copie

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

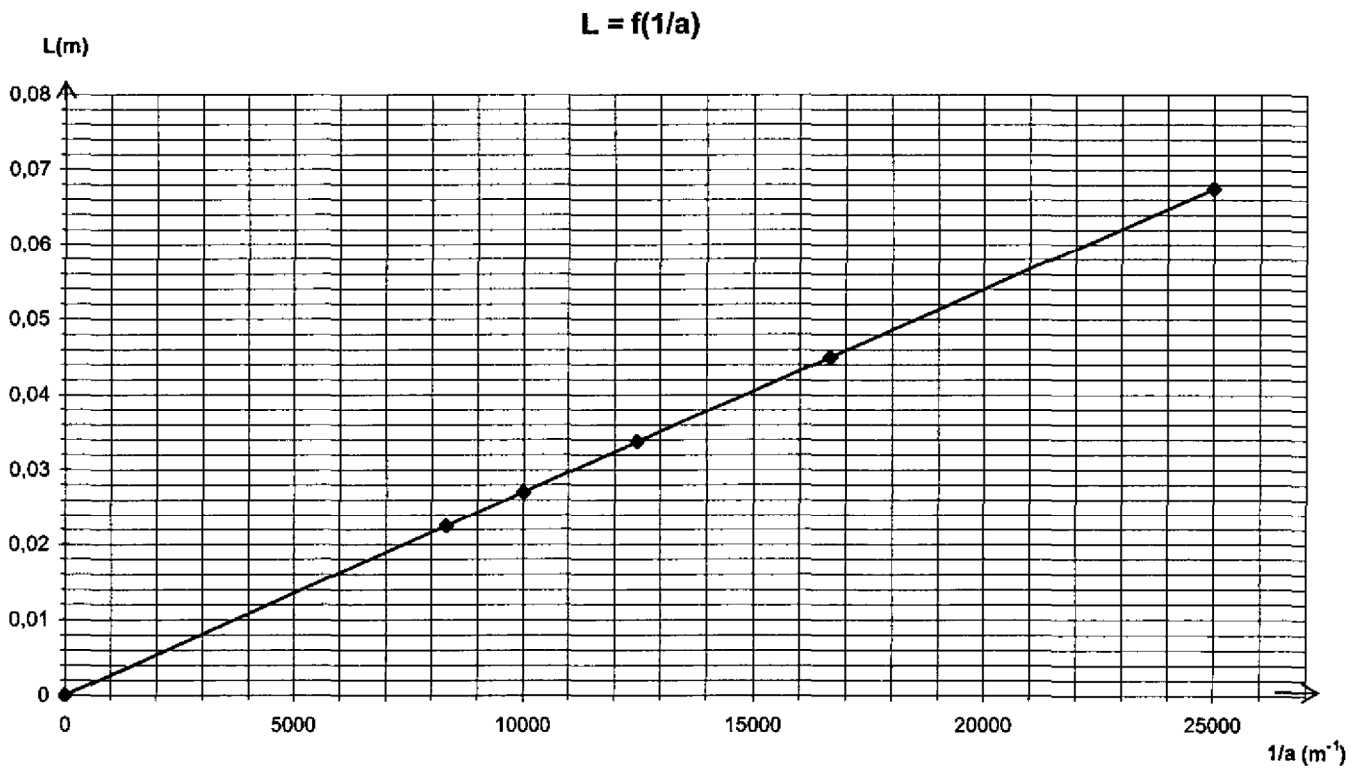
Figure 2 vue de dessus : le fil est perpendiculaire au plan de la figure



Question A.6: Figure 3

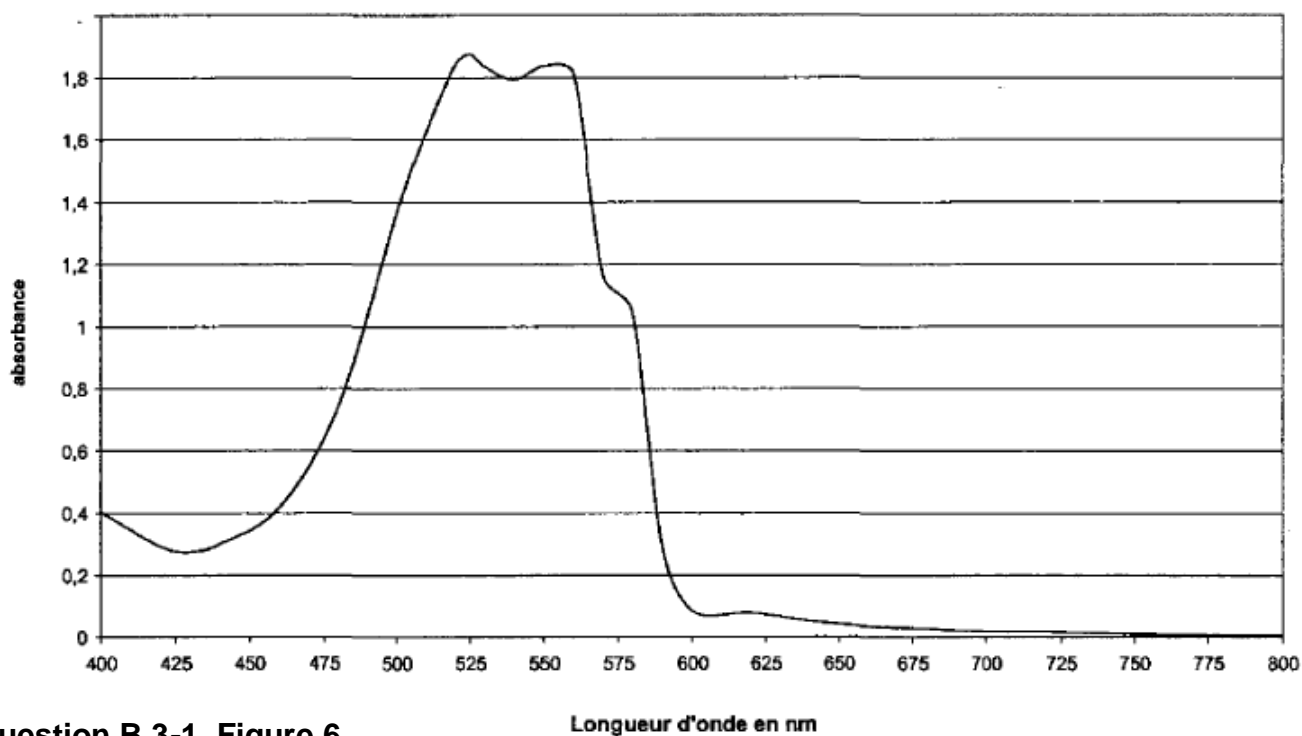


Questions A.8, A.9 : Figure 4



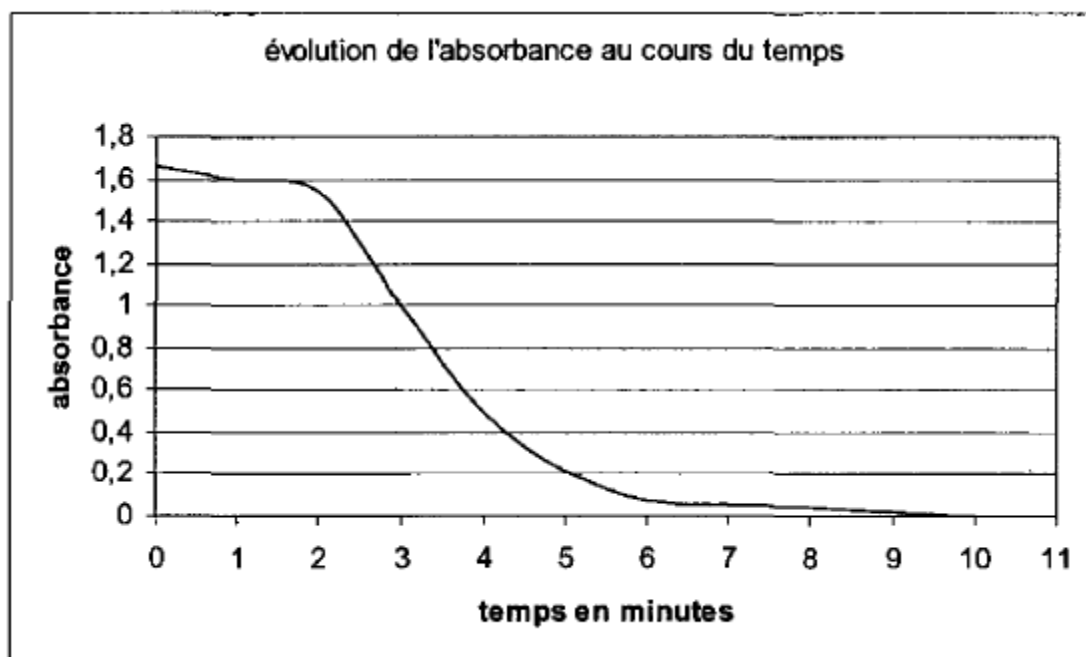
Question B.2 : Figure 5

Courbe d'absorbance d'une solution de permanganate de potassium à la concentration de $0,5 \text{ mmol.L}^{-1}$

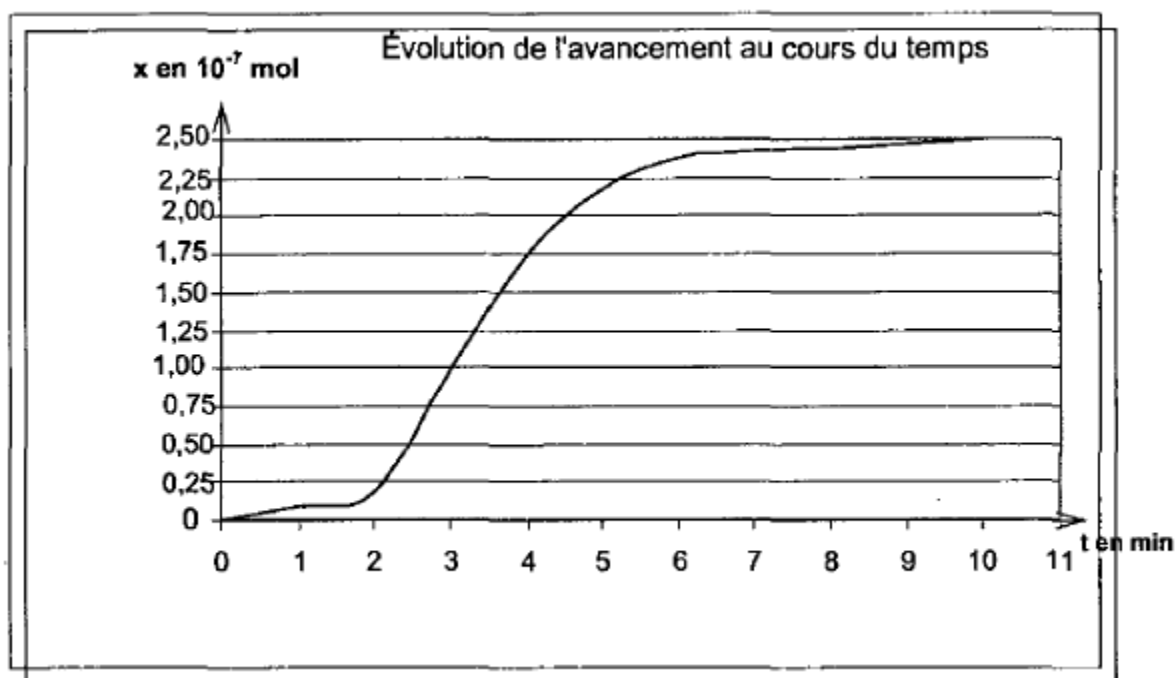


Question B.3-1. Figure 6

Longueur d'onde en nm



Questions B.3.6. et B.3.7 : Figure 7



ANNEXE Exercice 2 à rendre avec la copie

