EXERCICE C (5 points)
CONTRÔLE DE LA LARGEUR D'UN FIL DE SUTURE

Un fil de suture en chirurgie permet de rapprocher les deux bords d'une plaie afin de faciliter la cicatrisation. Le diamètre, la forme et la composition chimique des fils sont adaptés au type de tissu à recoudre (peau, muscle, tendon, nerf, etc.) mais aussi à la durée de cicatrisation et à la taille de la plaie.



Figure 1. Appareil conçu pour contrôler le diamètre de fils fins
www.cersa-mci.com/lds-laser-diffraction-sensor/

Lors de la fabrication d'un fil, les industriels peuvent notamment contrôler son diamètre à l'aide d'appareils utilisant la diffraction de la lumière d'un laser (figure 1).

Dans cet exercice, on étudie le principe physique utilisé dans un appareil de contrôle du diamètre d'un fil puis on s'intéresse à un fil de suture vendu en pharmacie.

Données :

- longueur d'onde du laser utilisé : λ = 532 nm ;
- pour des angles très petits devant 1 rad, on a : $\tan(\theta) \approx \theta$ avec θ en radian ;
- extrait de la nomenclature américaine dite « USP » et correspondance avec le diamètre des fils :

Système USP	0	2/0	3/0	4/0	5/0
Diamètre du fil en mm	0,350 à 0,399	0,300 à 0,349	0,200 à 0,299	0,150 à 0,199	0,100 à 0,149

1. Principe physique utilisé par un appareil de contrôle du diamètre d'un fil

Pour illustrer ce principe au laboratoire, on place, sur un banc d'optique, un laser émettant une onde de longueur d'onde λ et un fil de diamètre a connu. Un écran est placé à une distance D du fil. La largeur L de la tache centrale de la figure de diffraction est mesurée directement sur l'écran (figure 2).

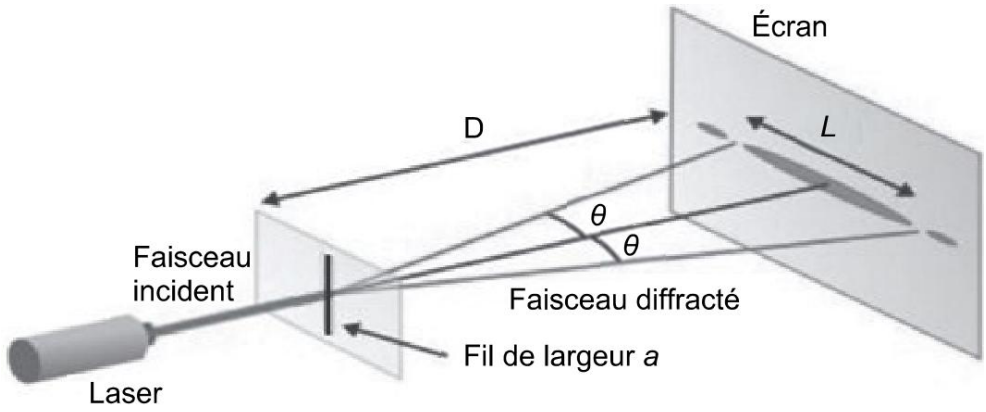


Figure 2. Montage illustrant le principe physique utilisé par l'appareil de contrôle du diamètre d'un fil

Q1. Indiquer qualitativement comment évolue l'angle caractéristique de diffraction θ avec le diamètre a du fil.

Q2. Écrire, à l'aide de la figure 2, la relation entre l'angle caractéristique de diffraction θ et les grandeurs D et L.

Q3. Établir l'expression de la largeur L de la tache centrale de la figure de diffraction en fonction de λ, D et a.

On réalise la mesure de la largeur de la tache centrale de la figure de diffraction pour sept fils de diamètres a connus. On représente alors *L* en fonction de *1/a*.

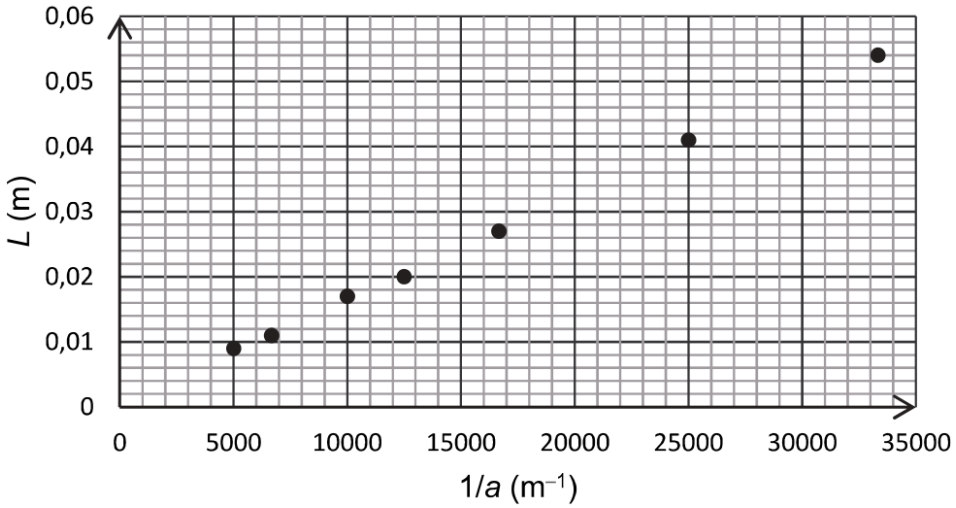


Figure 3. Représentation graphique de *L* en fonction de *1/a*

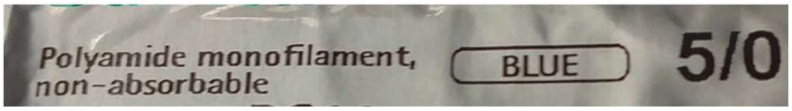
Q4. Vérifier que les résultats expérimentaux de la figure 3 sont cohérents avec l'expression établie à la question **Q3**.

Q5. Montrer que la modélisation suivante permet de rendre compte des résultats expérimentaux :

$$L = 1{,}6 \times 10^{-6} \times \frac{1}{a}$$ avec *a* et *L* exprimés en m.

2. Mesure du diamètre d'un fil de suture vendu en pharmacie

Une partie de l'étiquette du paquet contenant un fil de suture en polyamide de couleur bleue vendu en pharmacie est présentée ci-dessous.



On obtient la figure de diffraction suivante (figure 4) en utilisant le montage expérimental décrit sur la figure 2.

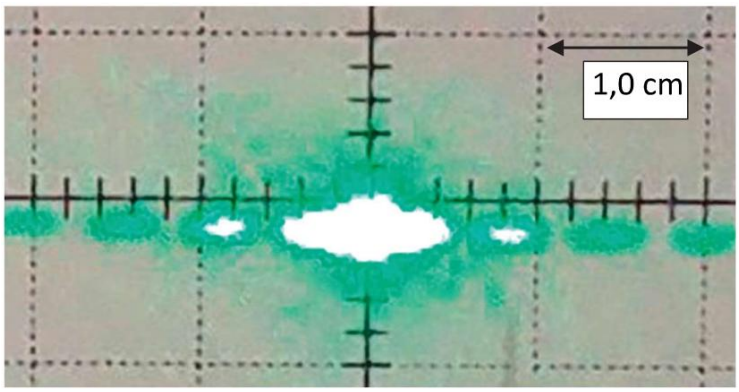


Figure 4. Photographie de l'écran de l'appareil de contrôle

Q6. En utilisant la figure 4, estimer la valeur du diamètre de ce fil de suture.

L'incertitude-type sur la valeur du diamètre expérimental du fil est donné, dans les conditions de l'expérience, par la relation suivante : $u(a) = a \times \frac{u(L)}{L}$ avec u(*L*) = 1×10^{-3} m

Q7. Analyser le résultats la mesure en lien avec la plage de référence indiquée sur l'étiquette du fil de suture.