



# Compte-Rendu de TP

## **Comparaison de l'épaisseur des poils de chats et des cheveux humains**

Juliette Gambaudo et Loïc Jouan

Sous la tutelle de :

Claire Marrache et Francesca Chiodi

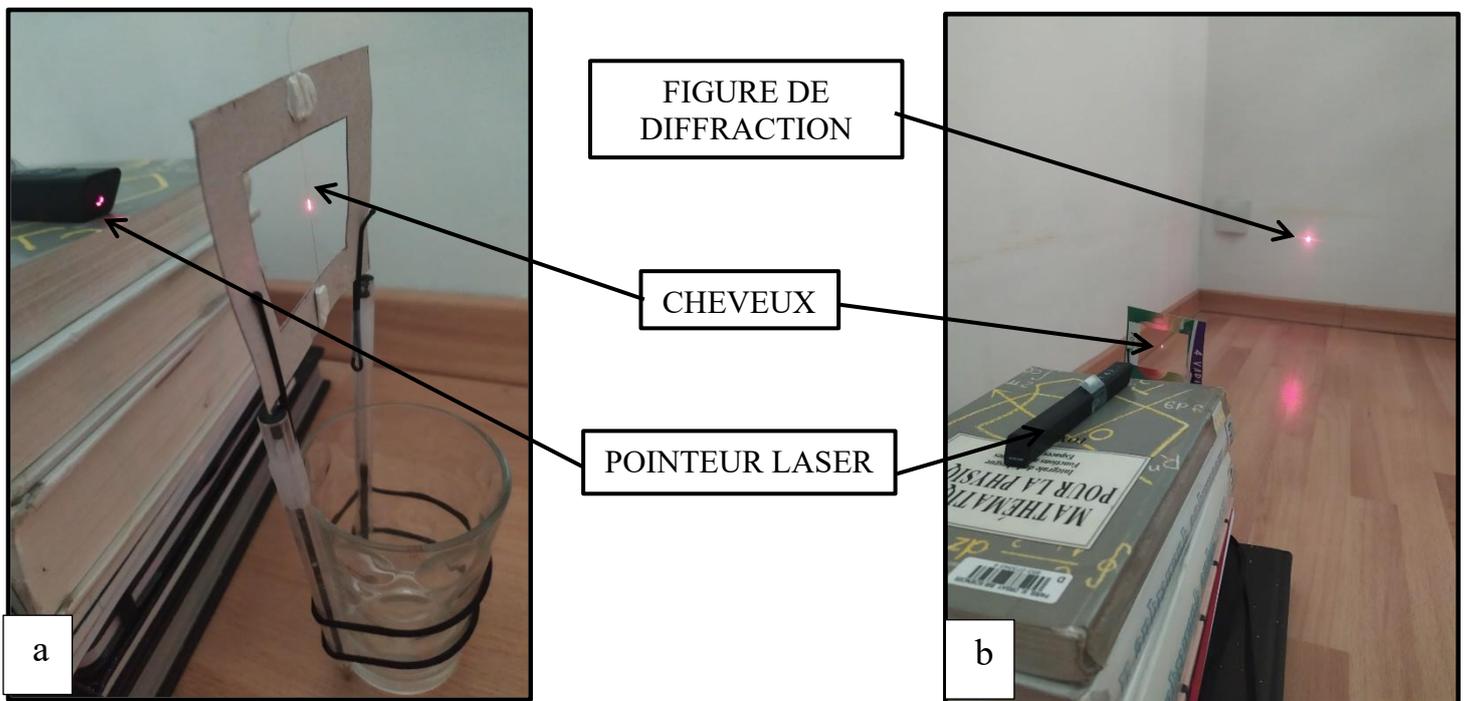
## INTRODUCTION

Dans ce TP, nous allons comparer les caractéristiques d'un poil de chat et d'un cheveu humain. Nous avons décidé dans cette étude de nous limiter à l'épaisseur des poils. Cette idée nous est venue car nous souhaitons nous amuser durant ces temps troubles, tout en gardant un aspect scientifique et rigoureux. Ainsi, l'un de nous ayant des chats confinés avec lui et l'autre ayant des cheveux, nous avons décidé de faire ce TP. Pour le faire, nous allons utiliser plusieurs méthodes. Dans un premier temps, nous allons utiliser un laser pour une expérience de diffraction : en mesurant la tâche, on peut remonter à l'épaisseur du poil par le calcul. Nous allons ensuite utiliser un smartphone pour le transformer en microscope en disposant une goutte d'eau sur l'objectif.

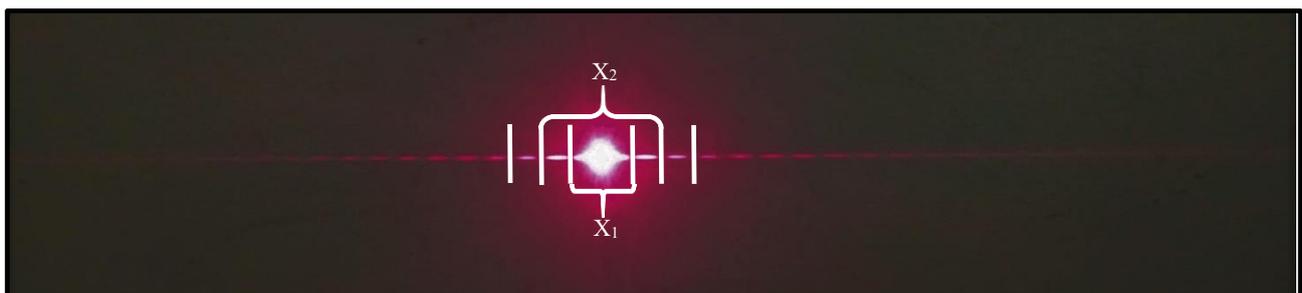
## 1<sup>er</sup> Montage : Observation d'une figure de diffraction avec un poil/cheveu.

Protocole expérimental :

- Placer le laser face au poil/cheveu.
- Mesurer la distance entre le poil/cheveu et le mur (qui sert ici d'écran).
- Eteindre la lumière.
- Mesurer la taille de plusieurs tâches de diffraction.



*Figure 1 : Les différents éléments du montage*



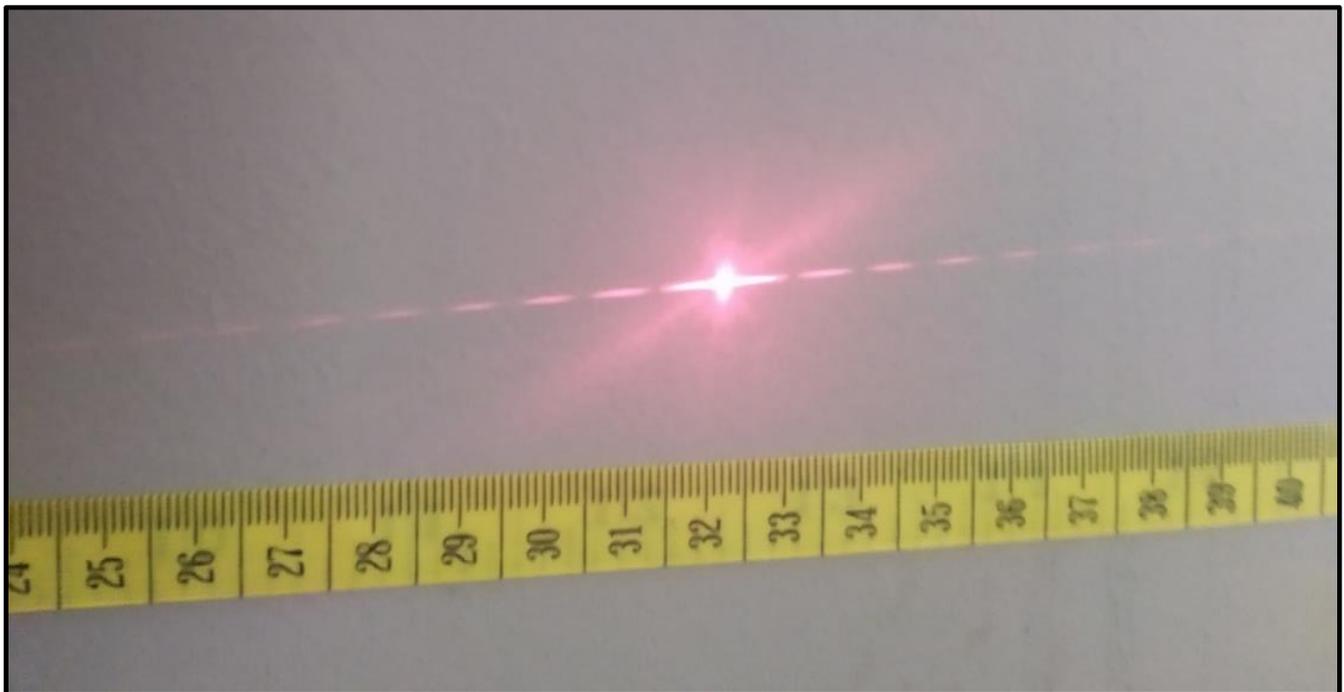
*Figure 2 : Figure de diffraction et tâches à mesurer*

Pour ce premier montage, nous ne connaissions pas la longueur d'onde exacte émise par le laser, mais rien qu'en prenant une longueur d'onde arbitraire pour un laser rouge (635 nm), les résultats sont déjà assez satisfaisants : on obtient le bon ordre de grandeur (selon [2], un poil de chat a en moyenne une épaisseur de 30  $\mu\text{m}$  et l'épaisseur d'un cheveu humain varie entre 30  $\mu\text{m}$  et 80  $\mu\text{m}$ ). Une méthode pour réduire l'erreur sur la mesure de la taille de la tâche consiste à mesurer plusieurs tâches et diviser le résultat par le nombre de tâches (cf. figure 2). Pour retrouver l'épaisseur du cheveu  $e$ , on effectue le calcul suivant :

$$e = \frac{2 * \lambda * D * n}{Xn}$$

Où  $D$  est la distance entre le poil/cheveu et l'écran. Pour ce premier montage, nous avons testé à plusieurs distances différentes.

Ci-dessous une photo d'une tâche de diffraction avec une échelle :



*Figure 3 : Figure de diffraction avec échelle*

### Cheveux

D (en m)	$e_{\text{cheveu}}$ (en $\mu\text{m}$ )
0.531	93.6
0.672	94.9
0.785	91.8
0.875	79.4
0.96	93.1
1.035	92.2
1.315	96.5
1.76	83.8
3.27	78.3

### Poil de chat

D (en m)	$e_{\text{poil}}$ (en $\mu\text{m}$ )
0.3	22,1
0.4	22,5
0.75	22,1
1	22,3
1,25	22,3
1,5	21,7

### Interprétation des résultats :

Formule	Cheveu	Poil de chat
Moyenne statistique : $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$	$\overline{e_{\text{cheveu}}} = 89.3 \mu\text{m}$	$\overline{e_{\text{poil}}} = 22.2 \mu\text{m}$
Ecart-type : $\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$	$\sigma_{e_{\text{cheveu}}} = 6.50 \mu\text{m}$	$\sigma_{e_{\text{poil}}} = 0.276 \mu\text{m}$
Résultat : $X = \bar{x} \pm \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}}$	$e_{\text{cheveu}} = 89 \pm 2 \mu\text{m}$	$e_{\text{poil}} = 22.2 \pm 0.1 \mu\text{m}$

### Sources d'erreurs :

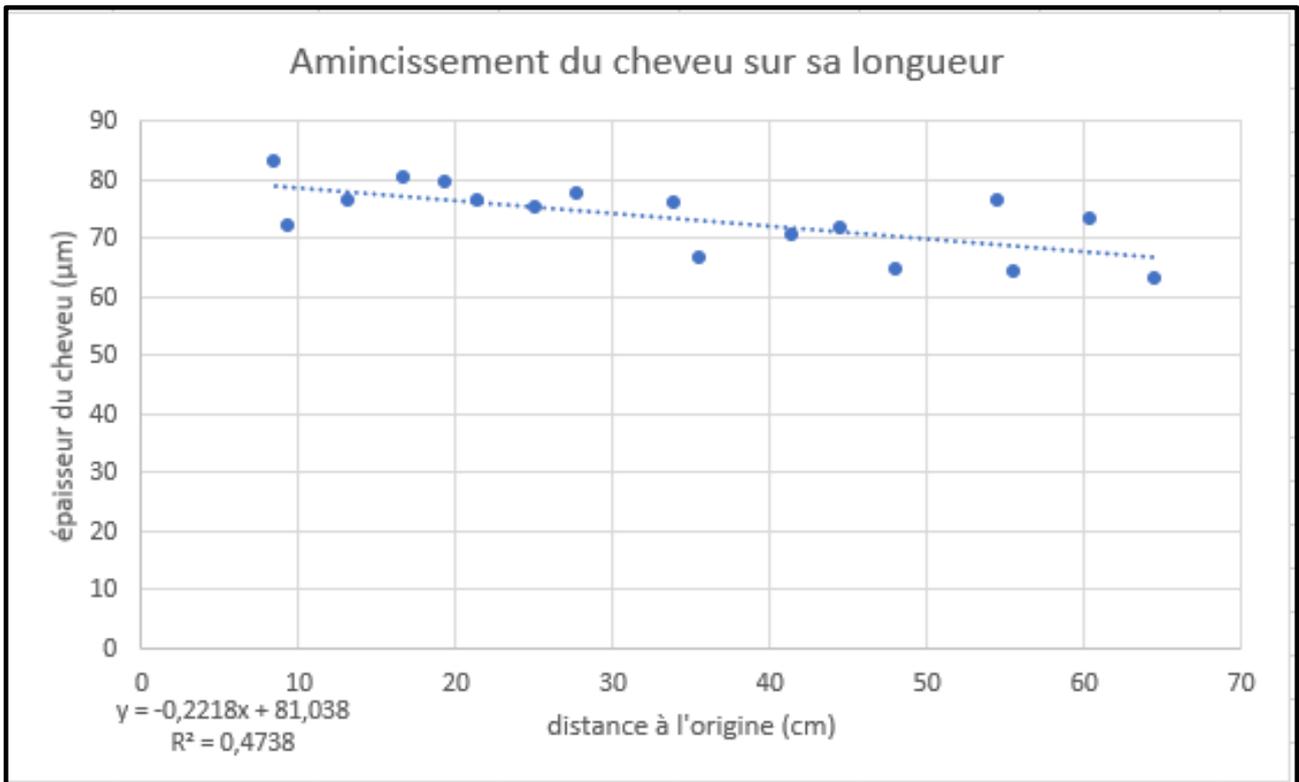
- L'épaisseur du cheveu n'est pas homogène le long du cheveu/poil or le laser ne frappe pas le cheveu/poil à chaque fois au même endroit (cf figure 4).
- Incertitude sur la mesure de la tâche (cf figure 3) ( $\pm 1$  mm).
- Angle avec lequel le laser frappe le cheveu/poil.
- L'incertitude sur la valeur de la longueur d'onde (cf montage suivant).
- Mesure inexacte de la distance entre le cheveu/poil et l'écran ( $\pm 1$  mm).

On trouve donc que les poils des chats sont quatre à cinq fois plus fins que les cheveux humains. Nous avons donc vu que l'épaisseur du cheveu peut varier selon où l'on mesure. On peut donc se poser la question, comment varie l'épaisseur le long du cheveu, et pourquoi ?

## Vérification de l'amincissement du cheveu.

Dans cette expérience, on cherche à vérifier l'hypothèse émise lors de l'énumération des sources d'erreurs, c'est-à-dire que le cheveu devient de plus en plus fin.

Pour cela, nous avons utilisé la méthode de diffraction tout le long d'un même cheveu. Les résultats obtenus sont représentés dans le graphique ci-dessous.



*Figure 4 : Mise en évidence de l'amincissement du cheveu sur sa longueur*

Avec cette expérience, nous observons bien un amincissement du cheveu sur sa longueur. On observe que pour ce cheveu l'erreur induite est de  $\pm 10 \mu\text{m}$  : ce n'est pas négligeable. Les causes d'une telle différence d'épaisseur peuvent provenir de l'usure du cheveu au cours du temps à cause d'une exposition plus longue à l'environnement extérieur, notamment aux frottements.

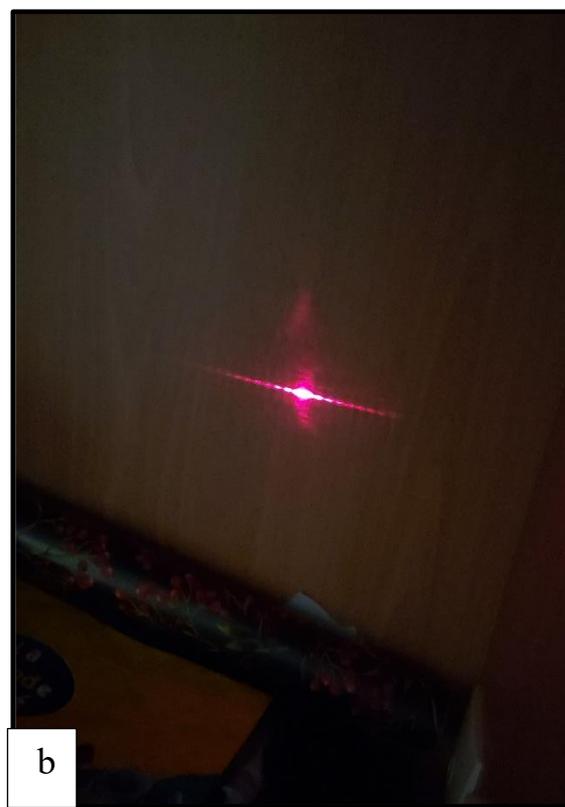
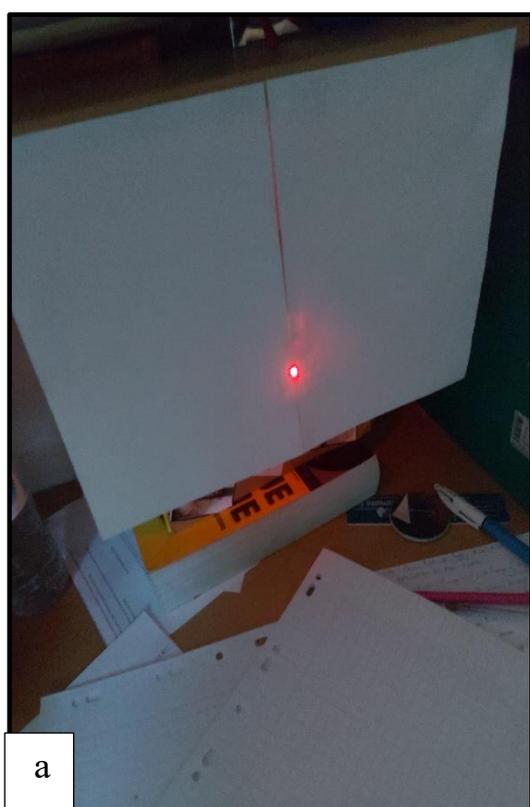
Nous avons donc obtenu une valeur avec une précision correcte pour nos objets, et nous avons mis la lumière sur une source d'erreur importante : l'épaisseur du cheveu n'est pas homogène sur sa longueur. Nous pouvons alors nous attaquer à une autre source d'erreur : l'incertitude sur la valeur de la longueur d'onde. Peut-on trouver par l'expérience la valeur réelle ?

## 2<sup>ème</sup> Montage : Estimation de la longueur d'onde.

Raisonnement :

Lors du premier montage, nous avons pris une longueur d'onde arbitraire, mais pour réduire les erreurs, il serait judicieux d'estimer une valeur pour cette longueur d'onde. Pour cela, en refaisant la même expérience mais en supposant cette fois l'épaisseur du sujet connue, nous pouvons remonter à la valeur de cette longueur d'onde. Le problème a alors été de trouver ou fabriquer une fente/ un fil dont l'épaisseur est connue.

On a fabriqué une fente à l'aide d'une feuille coupée en deux, dont les deux morceaux sont recollés très proches (voir figure 5.a). On peut ainsi mesurer la taille de la frange et arriver à un résultat pour la longueur d'onde. Pour mesurer la taille de la frange, on a utilisé une application loupe sur un smartphone et on a mesuré  $e=0,25\text{mm}$ .



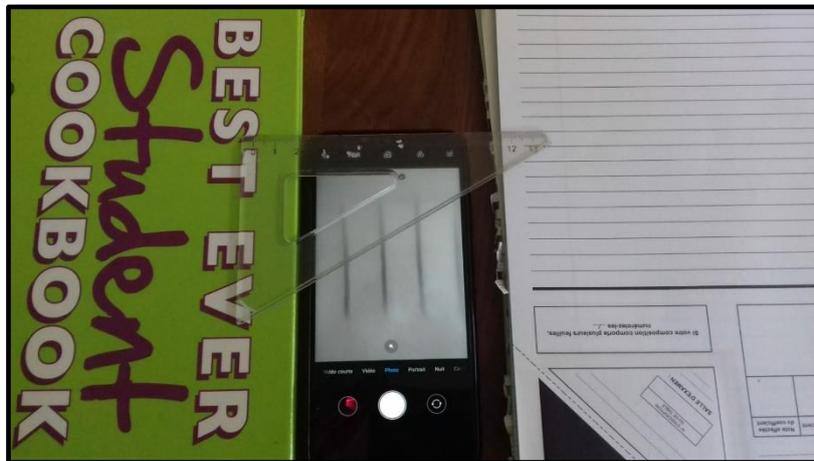
*Figure 5 : Montage pour mesurer la longueur d'onde et figure d'interférence obtenue*

Avec la même formule que précédemment, on trouve  $\lambda = 666 \pm 30 \text{ nm}$ , valeur assez proche de ce qu'on a utilisé dans la première partie. Ainsi se concluent nos expériences de diffraction. Nous allons maintenant essayer de transformer nos smartphones en microscope : est-ce que cette méthode fonctionne et si oui, est-elle plus précise que la première ?

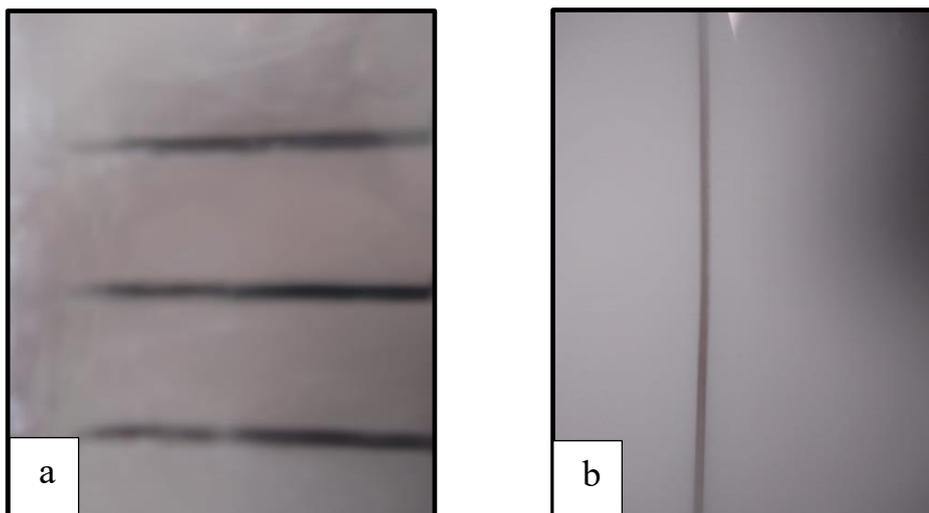
### **3ème Montage : création d'un microscope avec son smartphone.**

Protocole expérimental :

- Ouvrir l'application appareil photo du smartphone et utiliser la caméra frontale
- Déposer une goutte d'eau sur le capteur (plus la goutte est petite, plus l'image est grossie)
- Visualiser une règle graduée, prendre une photo (cf figure 7.a). On pourra s'aider de supports pour maintenir la règle à la bonne distance pour la mise au point
- **Toujours avec la même goutte sur le capteur**, visualiser un cheveu/poil (cf figure 7.b). Prendre une photo.
- En ouvrant la photo avec la règle, on peut mesurer le grossissement et ainsi déterminer l'épaisseur du cheveu/poil.



*Figure 6 : Montage pour mesurer l'épaisseur du cheveu par un microscope expérimental*



*Figure 7 : Exemples d'images obtenues à travers le microscope pour la même goutte  
(à gauche la règle graduée et à droite un cheveu)*

### Cheveux

Grossissement	$e_{\text{cheveu}}$ (en $\mu\text{m}$ )
16	62.5
16	56.25
23	86.9
23	91.3
26	76.9
27	107.4
30	96.7
32	46.9
35	60
36	55.6
37	51.4

### Poil de chat

Grossissement	$e_{\text{poil}}$ (en $\mu\text{m}$ )
8	25
10	25
17	29.4
21	23.8
23	21.7
37	27

Ainsi, on obtient les épaisseurs suivantes :

$$e_{\text{cheveu}} = 72 \pm 6 \mu\text{m} \text{ et } e_{\text{poil}} = 25.3 \pm 2 \mu\text{m}$$

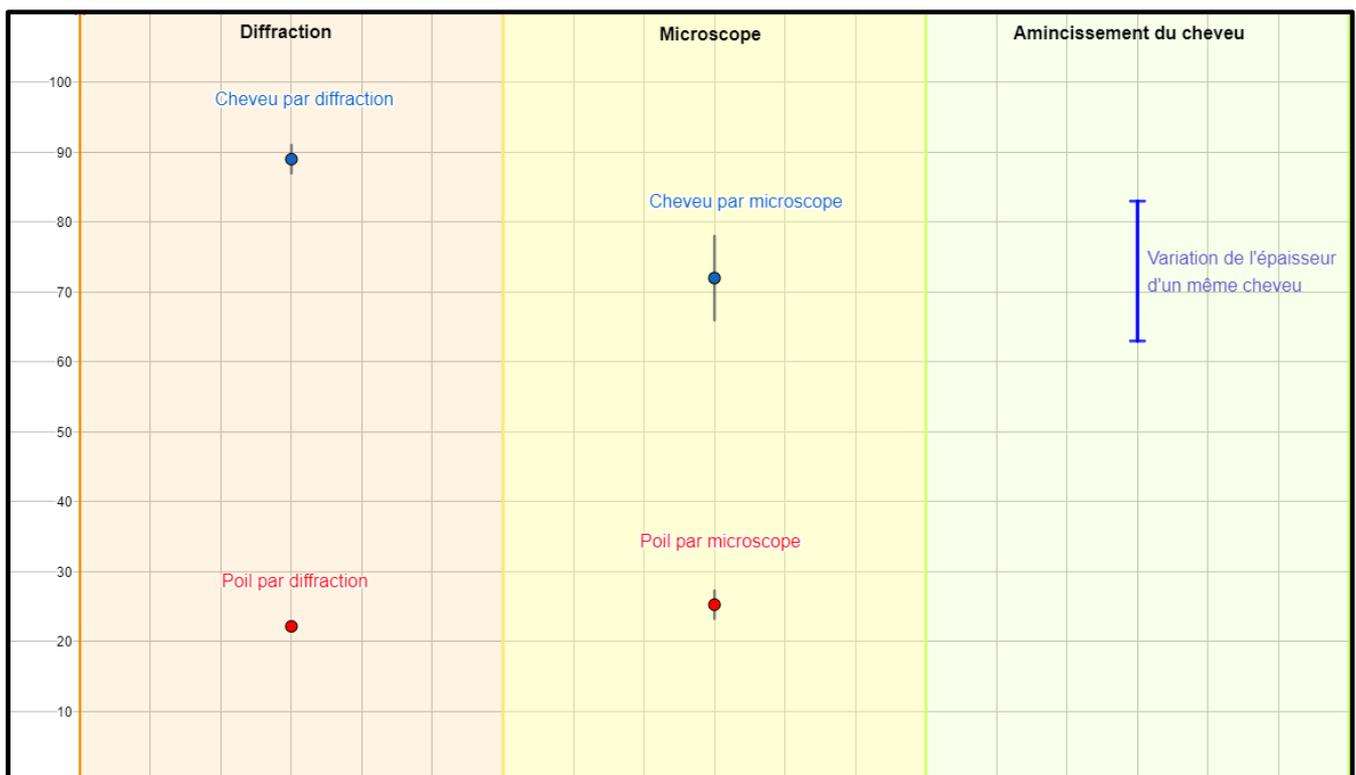
Sources d'erreurs :

- L'épaisseur du cheveu n'est pas homogène le long du cheveu/poil ( $\pm 10 \mu\text{m}$ ).
- Instabilité du montage.
- Mesures sur les photos imprécises ( $\pm 0.5 \text{ mm}$ ).

On remarque que l'erreur est bien plus élevée avec cette méthode. Expérimentalement, nous avons aussi eu beaucoup plus de mal avec cette méthode-ci, à cause des raisons énumérées dans les sources d'erreurs. Cependant, malgré cette imprécision, cette expérience appuie la conclusion de la méthode de diffraction : les poils de chats sont trois à quatre fois plus fins que les cheveux humains.

# SYNTHESE

Nous avons donc mesuré l'épaisseur de nos objets en utilisant deux méthodes différentes. Nous pouvons affirmer que la première méthode, celle de diffraction, est plus précise, notamment car le montage à réaliser est moins instable et plus facile à mettre en place. La deuxième, celle du microscope, donne quand même un bon ordre de grandeur [2] même si les écarts sont plus grands. En effet, grâce à la Figure 8 on se rend vite compte que l'erreur est plus importante avec la méthode du microscope qu'avec la diffraction. On y observe aussi une différence de précision entre la mesure de l'épaisseur d'un cheveu et celle d'un poil de chat. Nous avons vu que cette différence est majoritairement due à l'amincissement du cheveu sur sa longueur que nous avons mis en évidence et dont le résultat est aussi inclus dans le schéma synthèse de la figure 8. Ainsi, nous pouvons affirmer que les poils de chats sont en moyenne plus fin que les cheveux humains. Cependant, ces résultats sont à prendre avec précaution : l'épaisseur des poils des chats varie selon l'endroit où est le poil sur le corps [1]. De plus, tous les poils des chats ne sont pas les mêmes. C'est également le cas pour les êtres humains, qui ont tous une épaisseur de cheveux différente.



*Figure 8 : Schéma de synthèse des différentes expériences menées*

## REFERENCES :

[1] : Anatomie du chat : <https://www.animal.ch/anatomie-du-chat/>

[2] : Dr. Kshirsagar's Publication : Comparative Study of Human and Animal Hair in Relation with Diameter and Medullary Index



Nous tenons à remercier Claire Marrache et Francesca Chiodi pour leur aide dans la réalisation de ce TP confiné, et nous vous remercions pour votre lecture !

Aucun animal n'a été maltraité ou tondu ou épilé contre son gré durant ce confinement