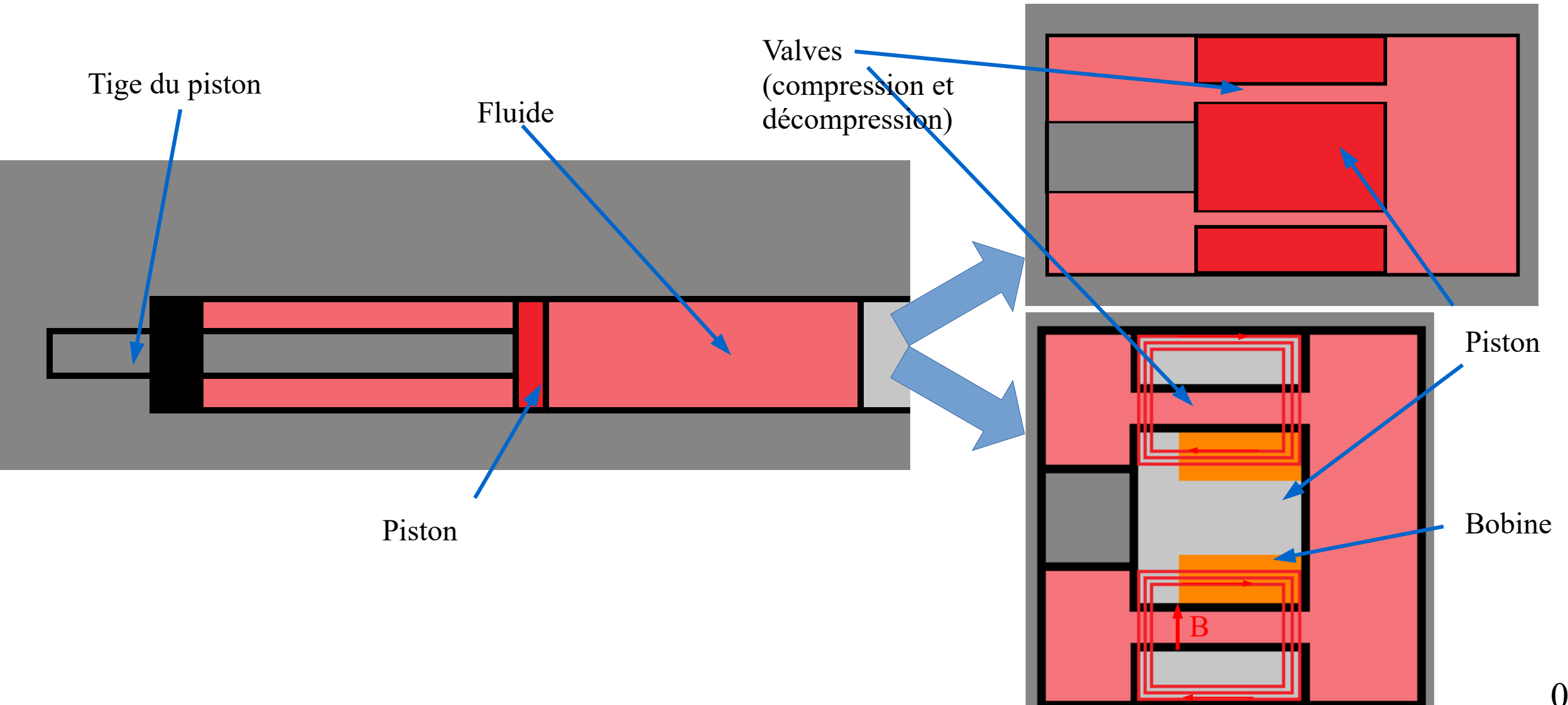


Modélisation d'un amortisseur à l'aide d'un ferrofluide



Introduction



Sommaire

I- Première approche

- A) Synthèse d'un ferrofluide
- B) Observation microscopique du ferrofluide synthétisé

II- Comportement du ferrofluide sous l'influence d'un champ magnétique

- A) Étalonnage de l'électroaimant utilisé
- B) Biréfringence d'un ferrofluide

III- Modélisation d'un amortisseur à fluide magnéto-rhéologique

- A) Étude du temps d'écoulement d'un ferrofluide sous influence d'un champ magnétique
- B) Modélisation de l'écoulement du fluide à l'aide de seringues

Conclusion

Synthèse d'un ferrofluide

Réactifs : FeCl_2 , HCl , FeCl_3 , $\text{NH}_3 \longrightarrow$ ferrofluide aqueux

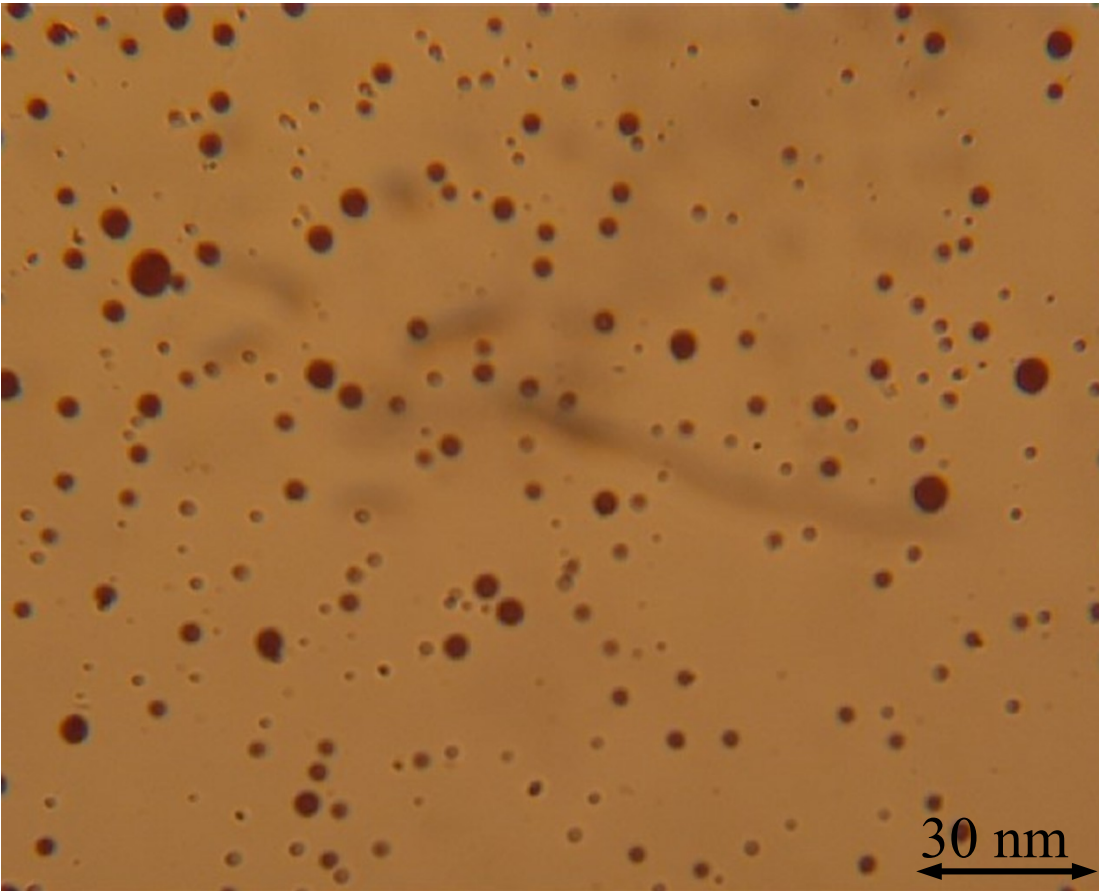
	Fe^{2+}	+	Fe^{3+}	+	8 NH_3	Fe_3O_4	+	NH_4^+
À l'état initial	0,057 mol		0,048 mol		0,011 mol	0 mol		0 mol
En cours	$0,057 - x$		$0,048 - x$		$0,011 - 8x$	x		x
À l'état final	0,056 mol		0,047 mol		0 mol	0,0014 mol		0,0014 mol

+ $\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$, $\text{C}_8\text{H}_{18} \longrightarrow$ ferrofluide organique

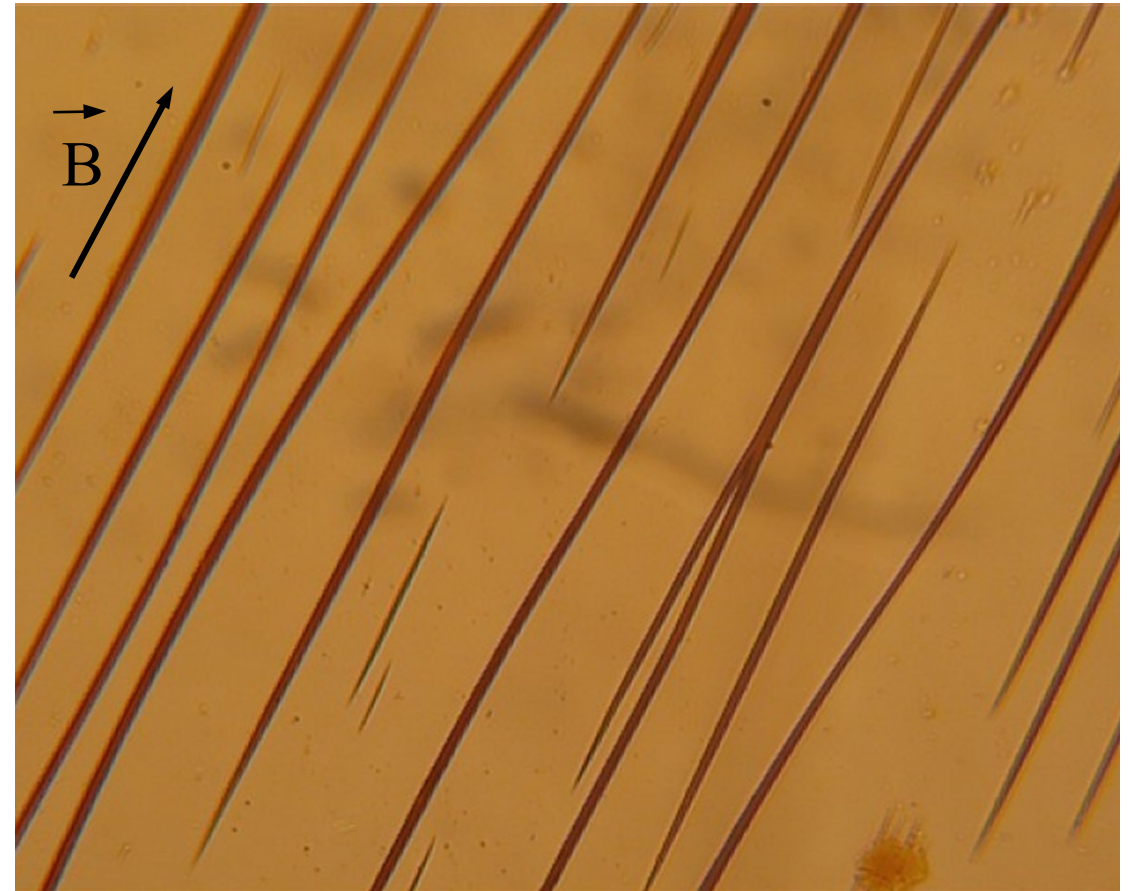


Préparation du
ferrofluide aqueux

Observation au microscope optique

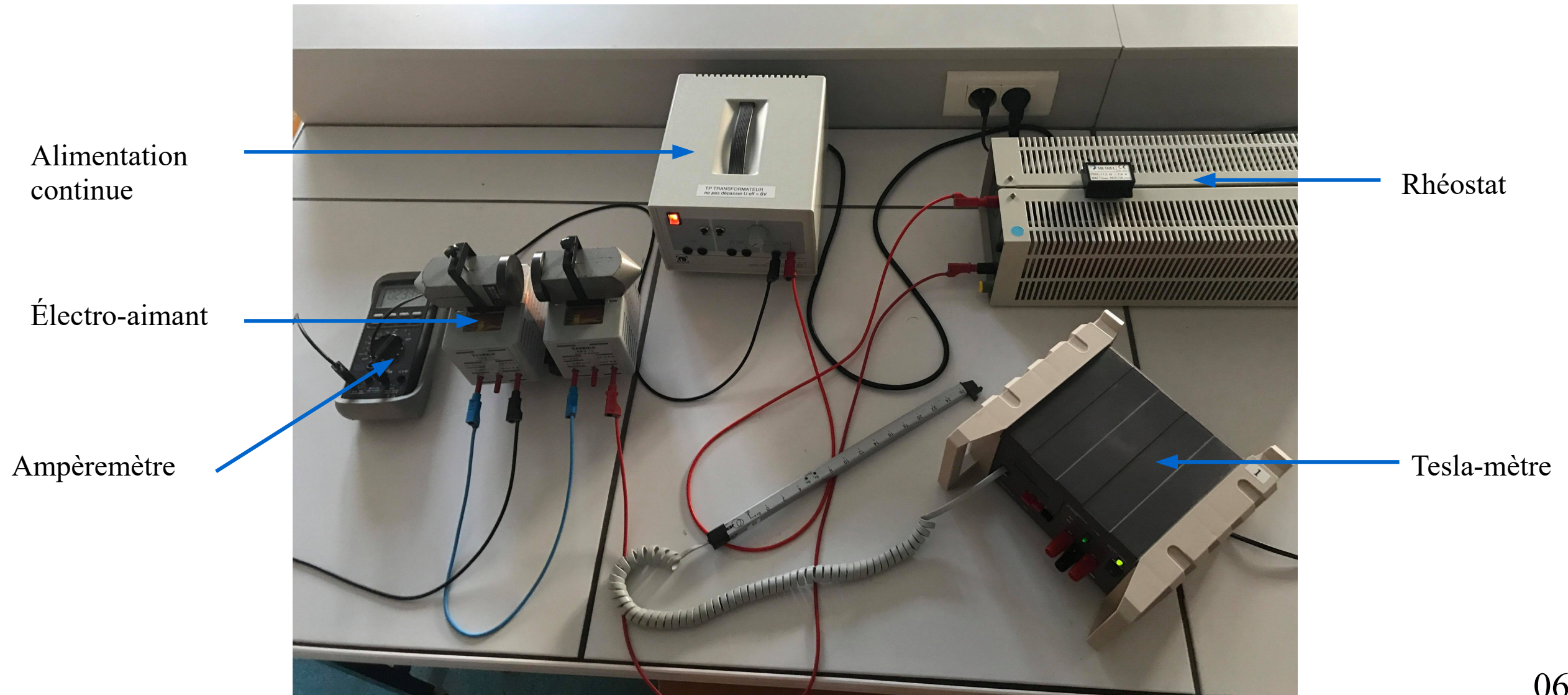


Observation microscopique du
ferrofluide 1000 fois dilué

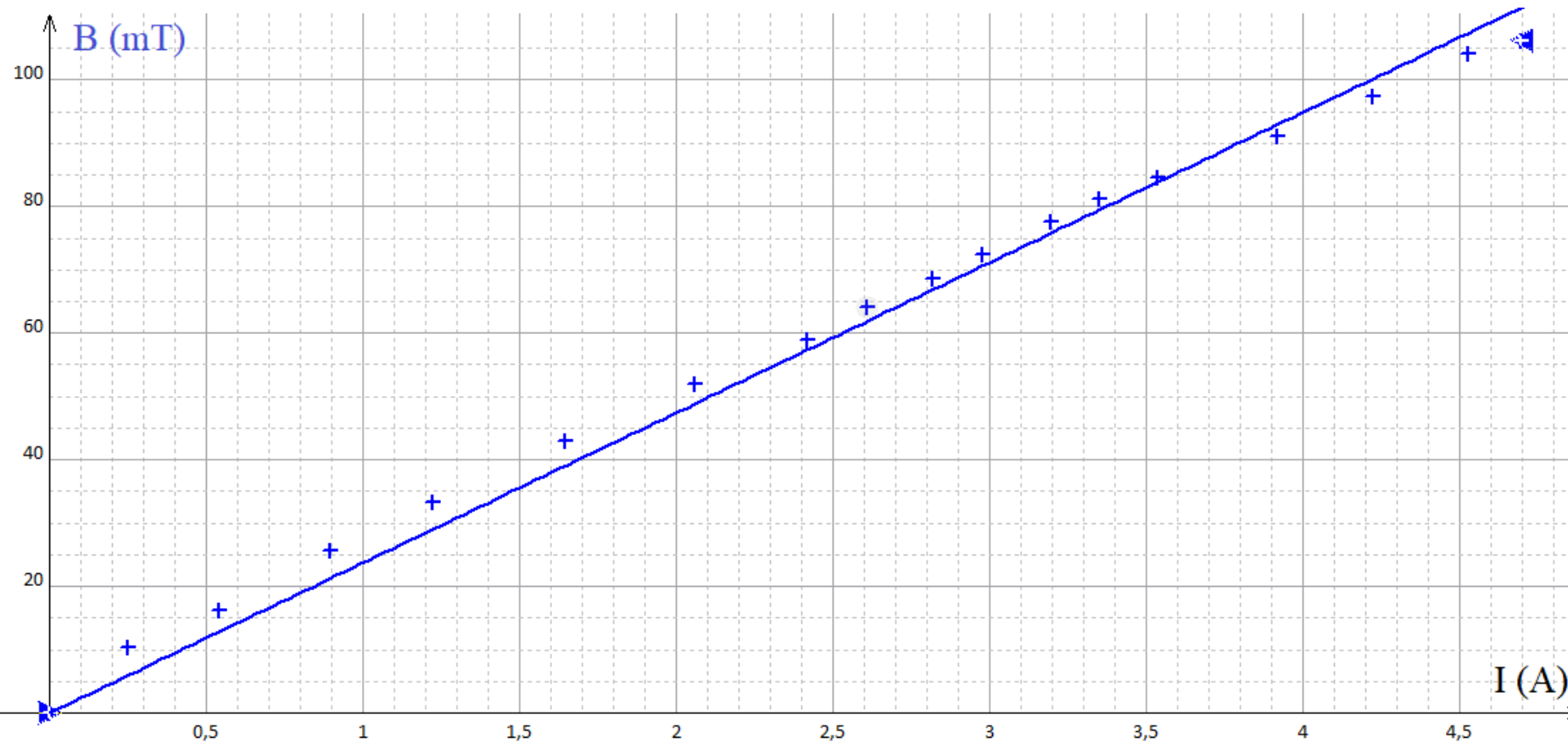


Observation en présence d'un fort champ
magnétique (aimant néodyme)

Étalonnage de l'électroaimant



Courbe d'étalonnage



$$H_{théo} = \frac{N \times I}{\frac{L_c}{\mu_r} + L_e}$$

$$= 29,5 I$$

Mesure du champ magnétique créé par l'électro-aimant en fonction de l'intensité électrique qui l'alimente

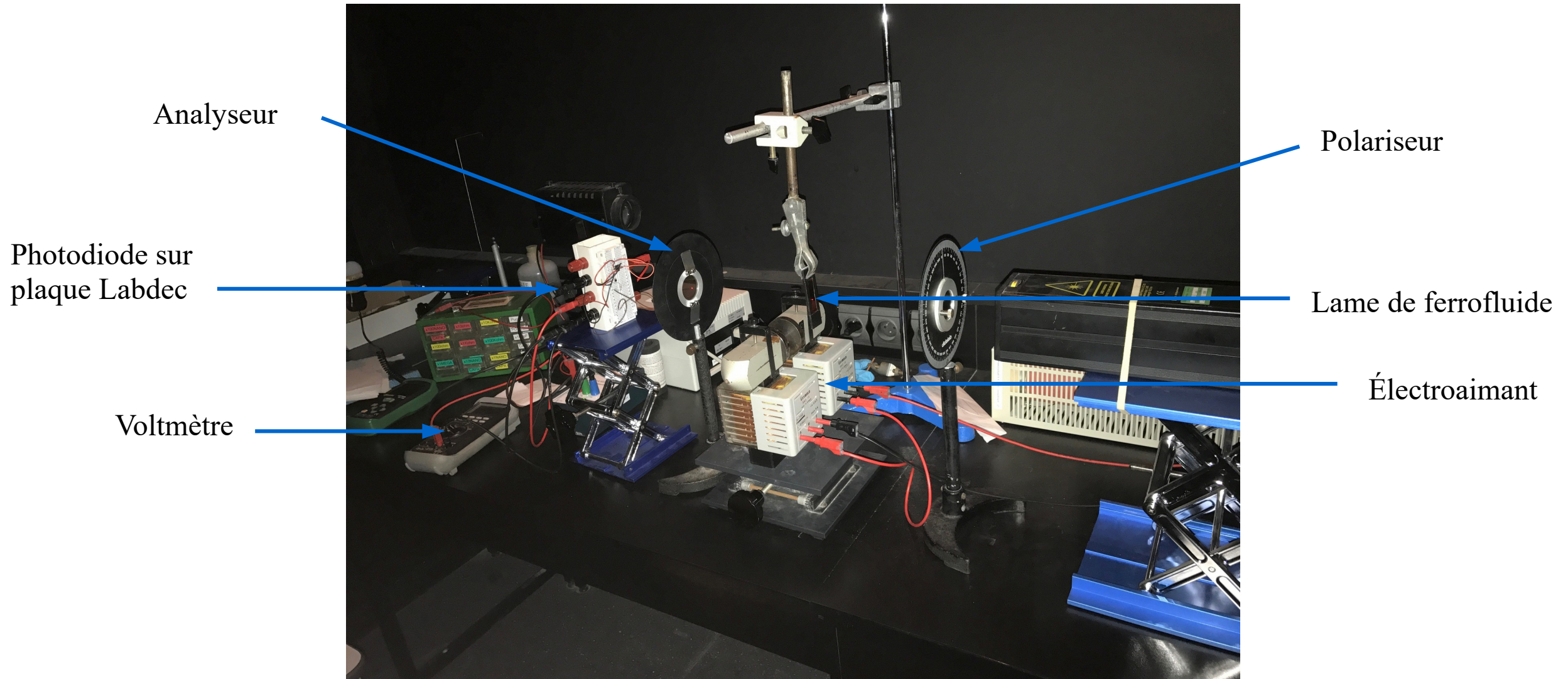
$$B = a \times I$$

Coeff. de corrélation : 0,9985

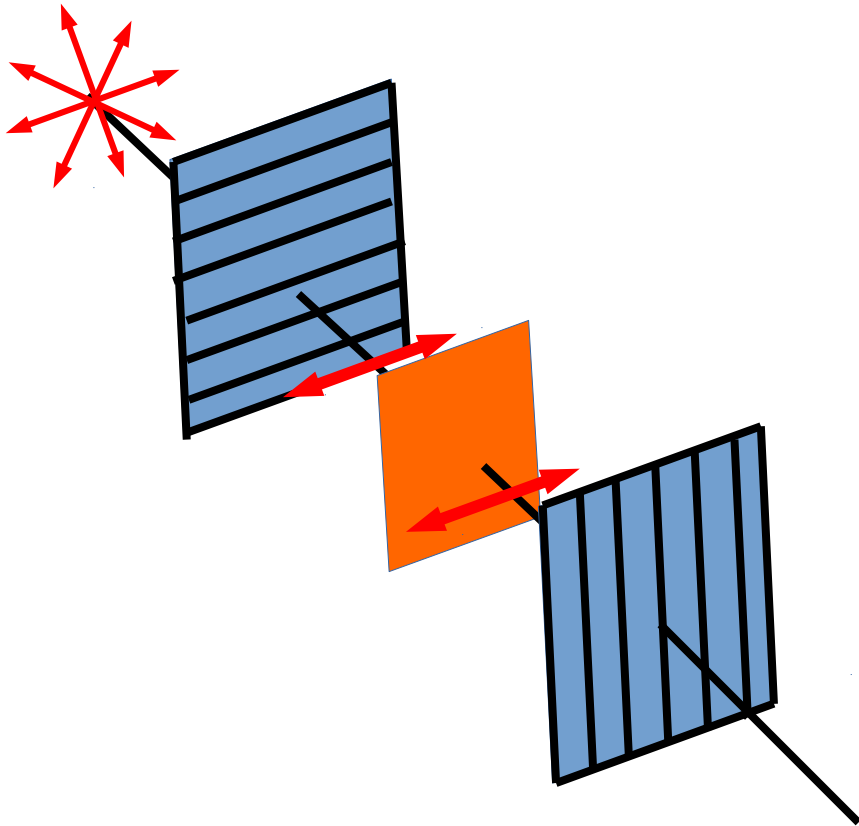
Pour un intervalle de confiance à 95 % :

$$a = (23,7 \pm 0,5) \cdot 10^{-5} \text{ kg.s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$$

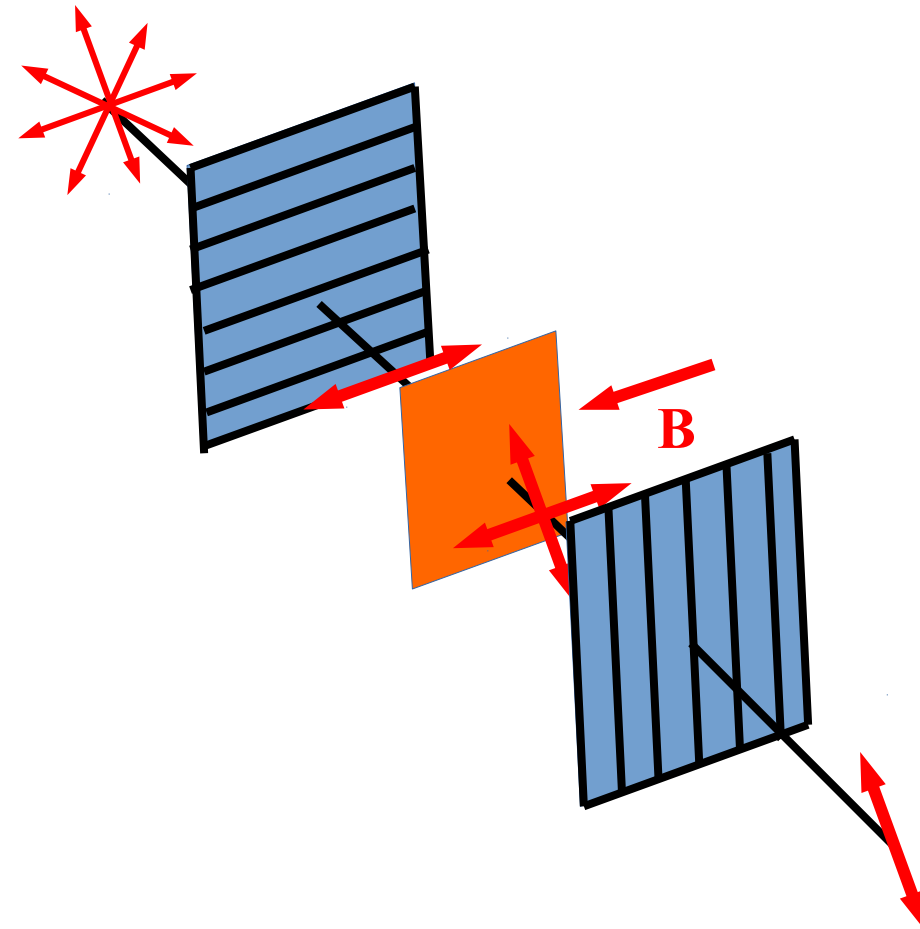
Mise en valeur de la biréfringence du ferrofluide



Phénomène de biréfringence

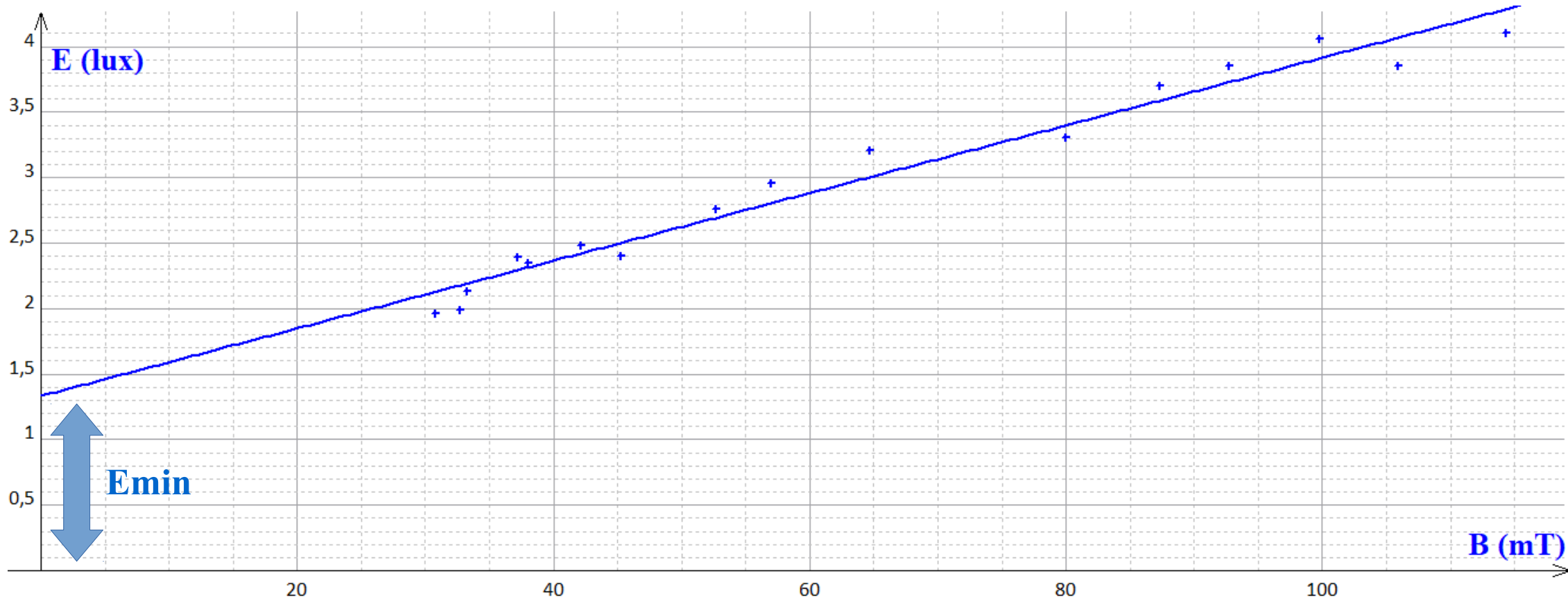


Polarisation de la lumière sans champ magnétique



Polarisation de la lumière avec champ magnétique (biréfringence)

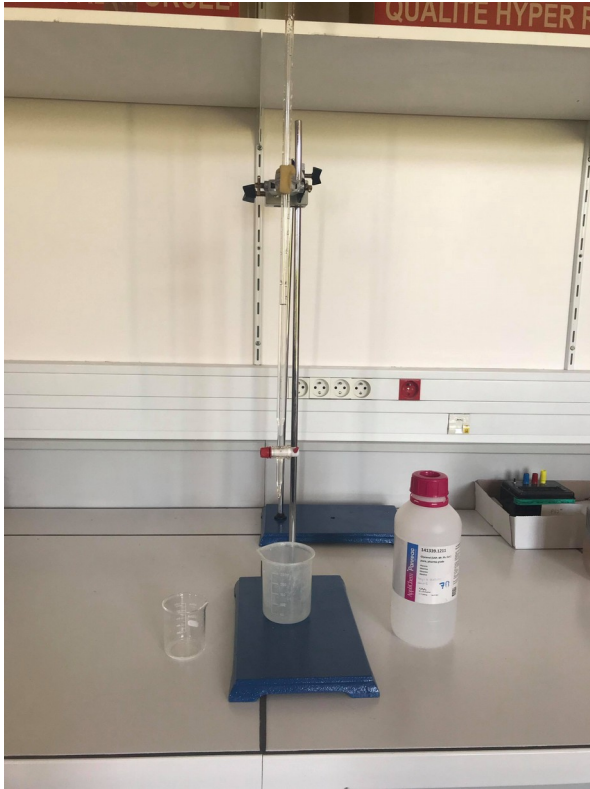
Résultats expérimentaux



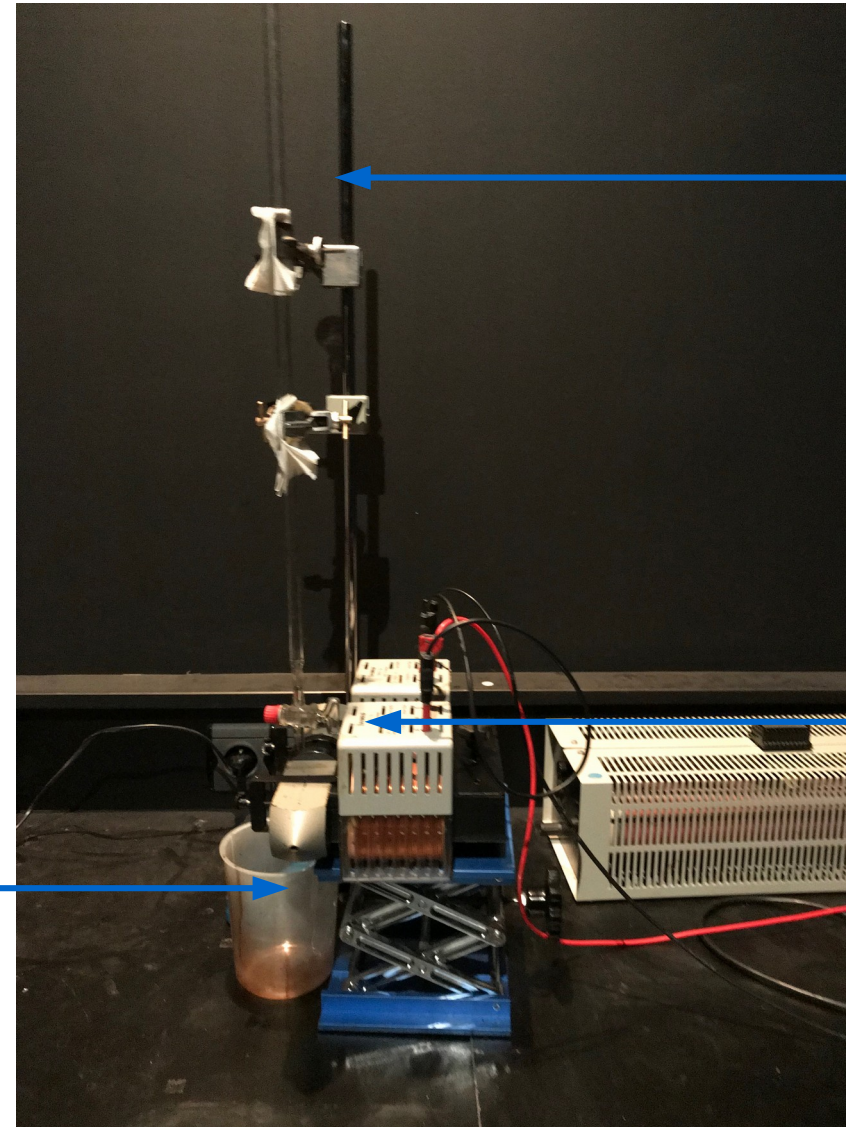
Graphe de l'intensité électrique transmise par la photodiode en fonction du champ magnétique appliqué sur la lame de ferrofluide

Luminosité augmente avec champ magnétique : phénomène de biréfringence

Écoulement sous champ magnétique



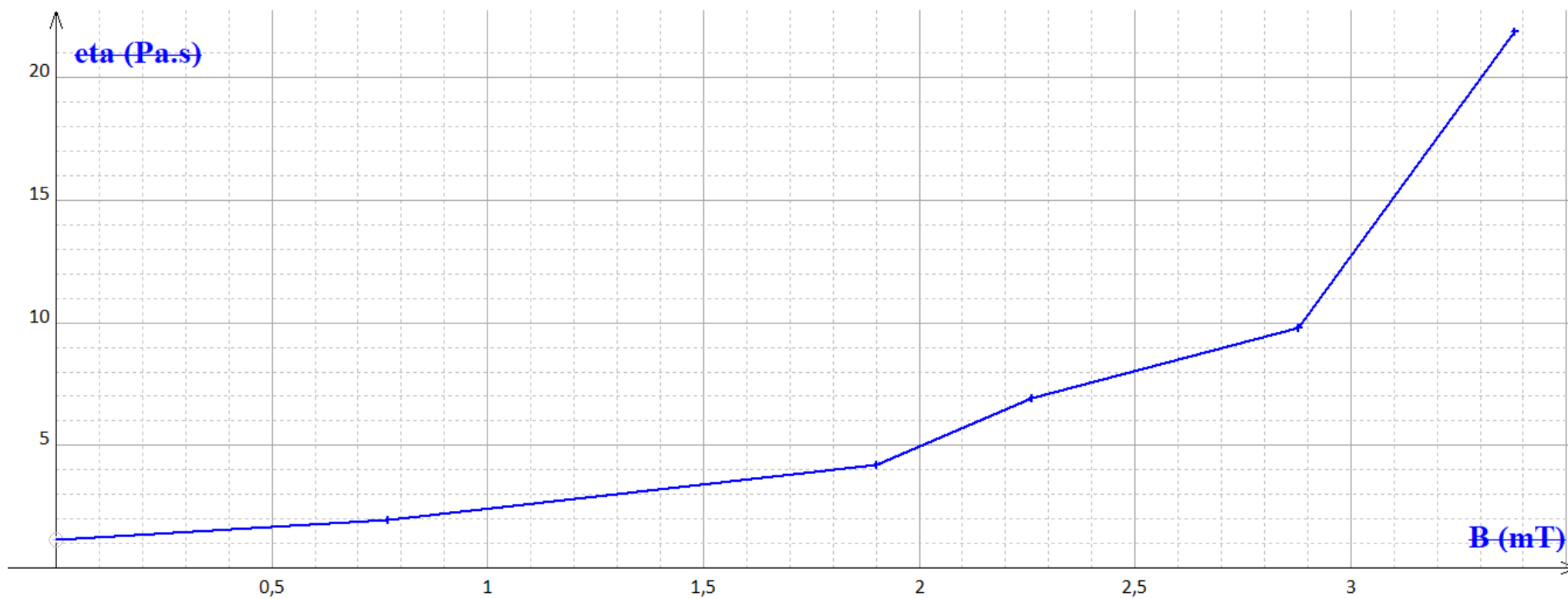
Bécher de recueillement



Burette de ferrofluide

Électroaimant

Résultats expérimentaux - viscosité



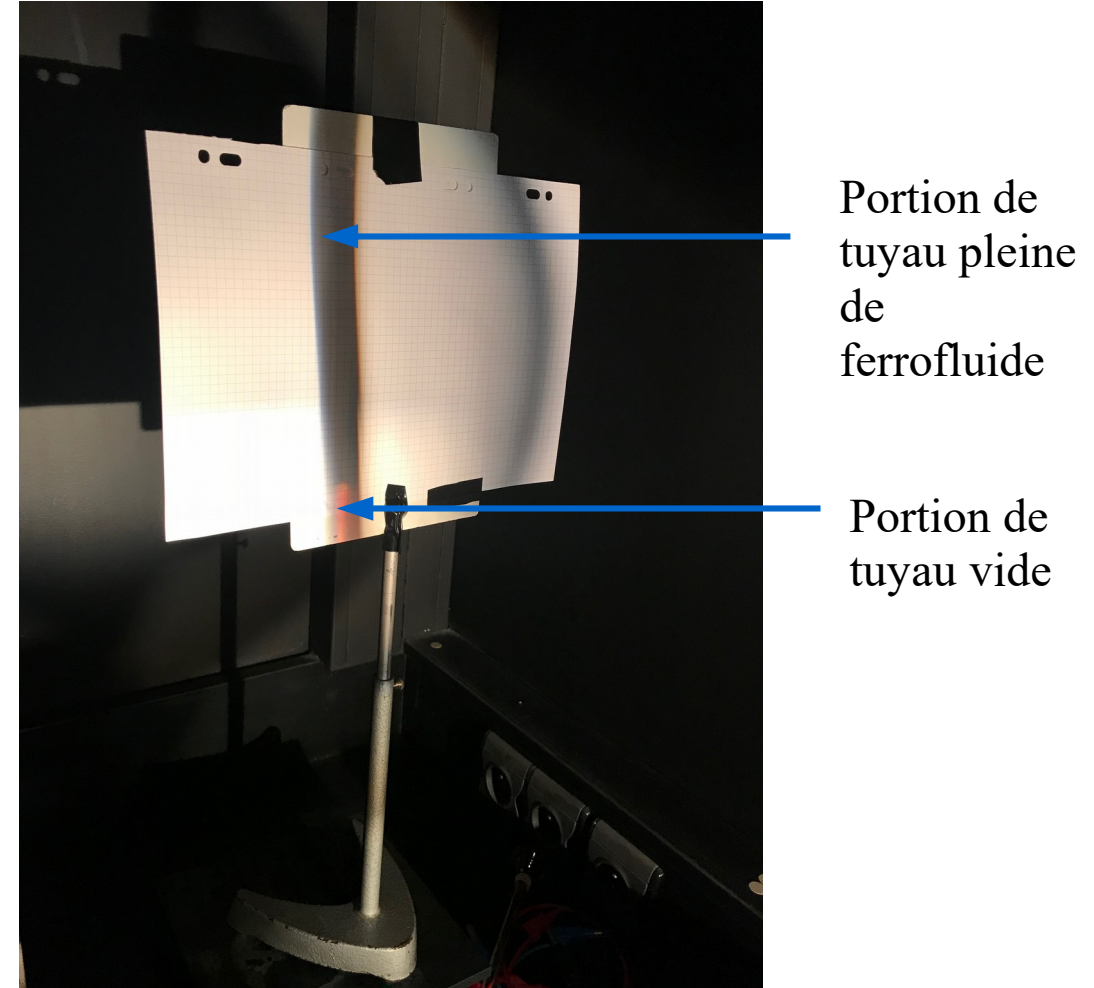
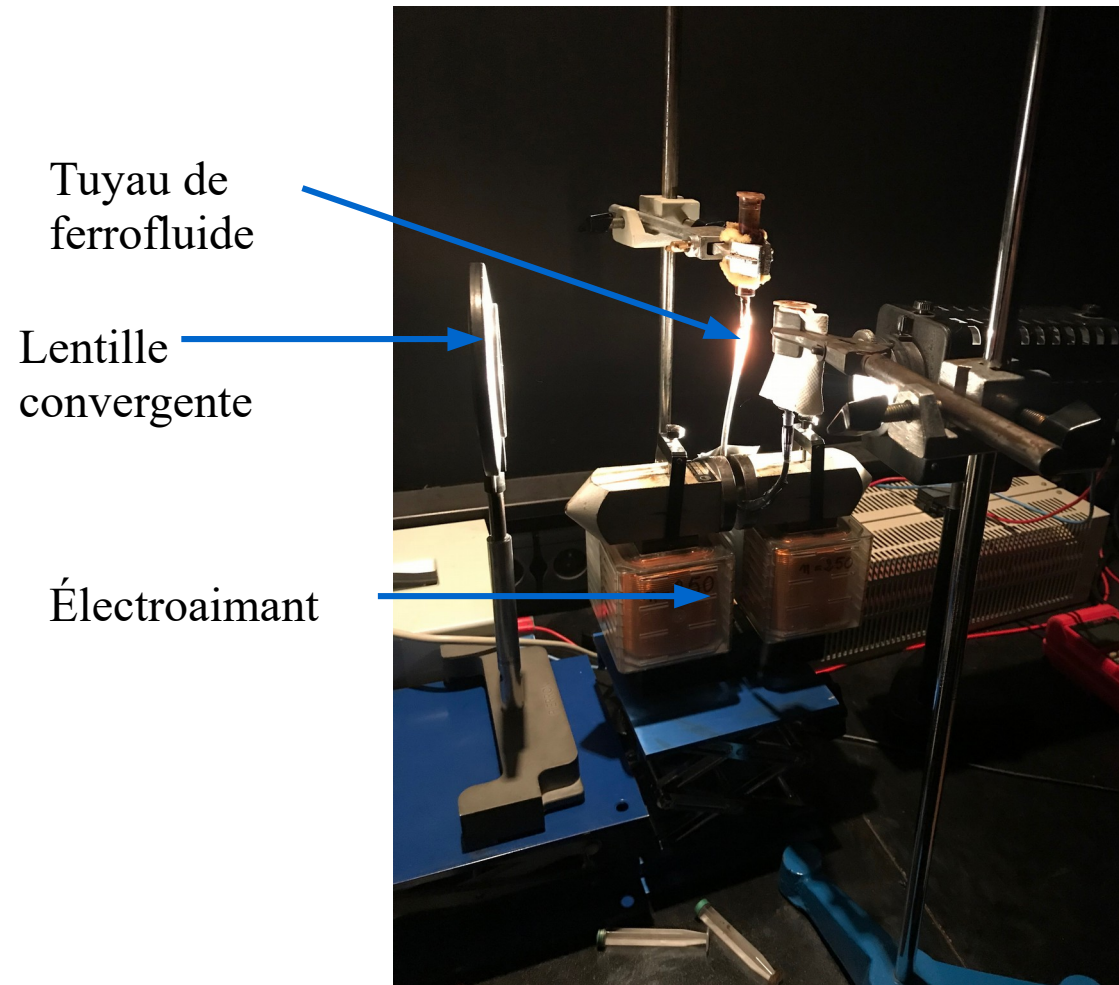
$$\eta = \frac{\frac{\mu_f}{\mu_{gl}} \times \eta_{gl} \times \tau_{gl}}{\tau_f}$$

$$= 0,2207 \tau_f$$

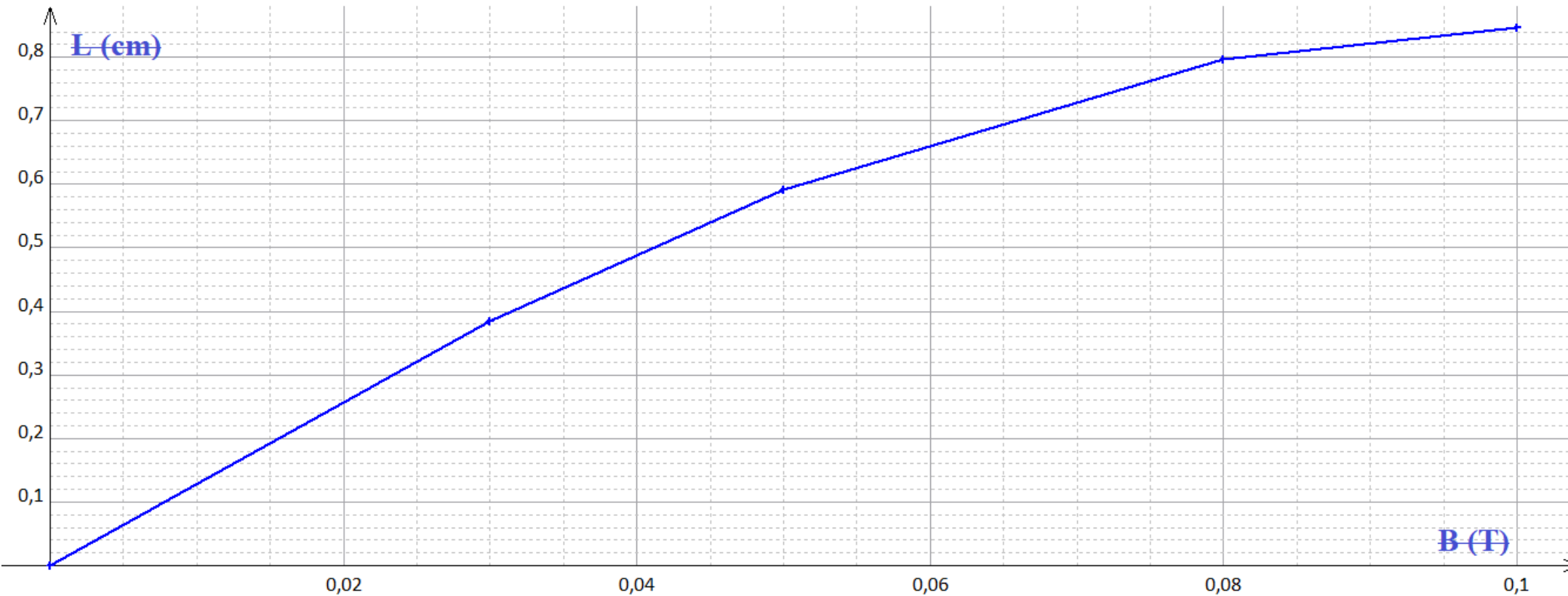
Courbe du temps d'écoulement de 10 gouttes de ferrofluide en fonction de l'intensité électrique de l'électroaimant

Cohérent en ordre de grandeur

Modélisation de l'amortisseur



Résultats expérimentaux



$$\tau = \eta_{\text{ferro}} \times \left(\frac{\delta u}{\delta y} \right)$$

Courbe du niveau de ferrofluide dans le tube en fonction du champ magnétique appliqué

Compensation des forces de pression
Augmentation des forces de cisaillement exprimée par la diminution du niveau de ferrofluide

Conclusion

Augmentation de la viscosité avec le champ magnétique

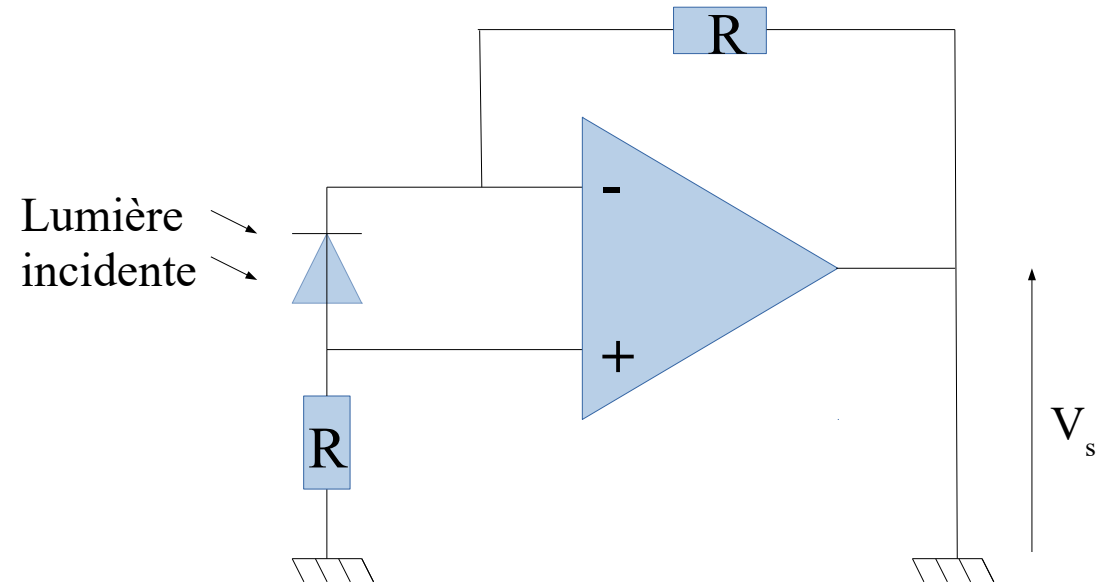
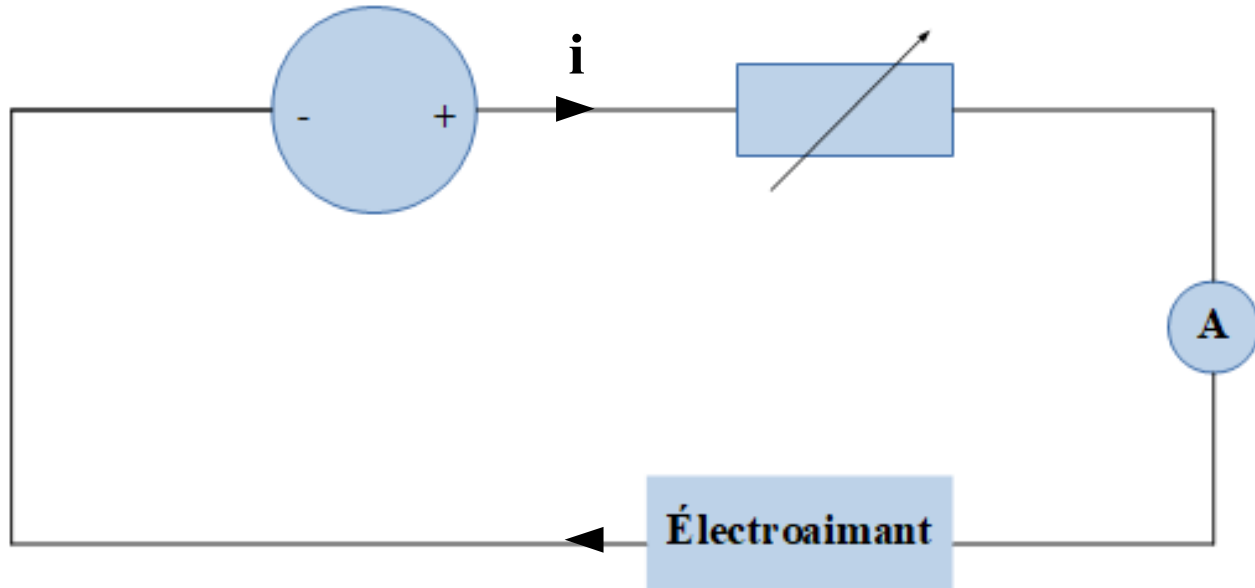
Écoulement du fluide ralenti par le champ magnétique

Compensation d'une force de pression par les forces de cisaillement

Utilisation d'un ferrofluide dans un amortisseur possible : écoulement modulable

Fluide magnéto-rhéologique et force d'amortissement

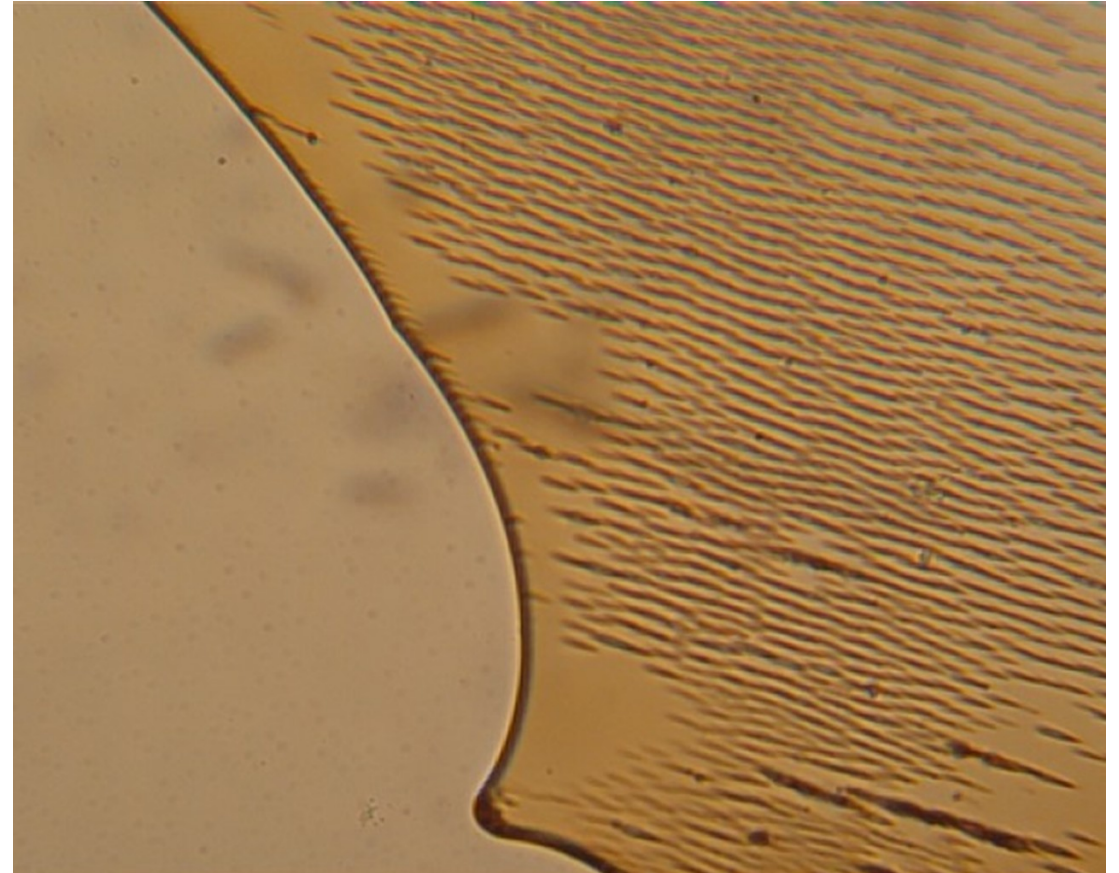
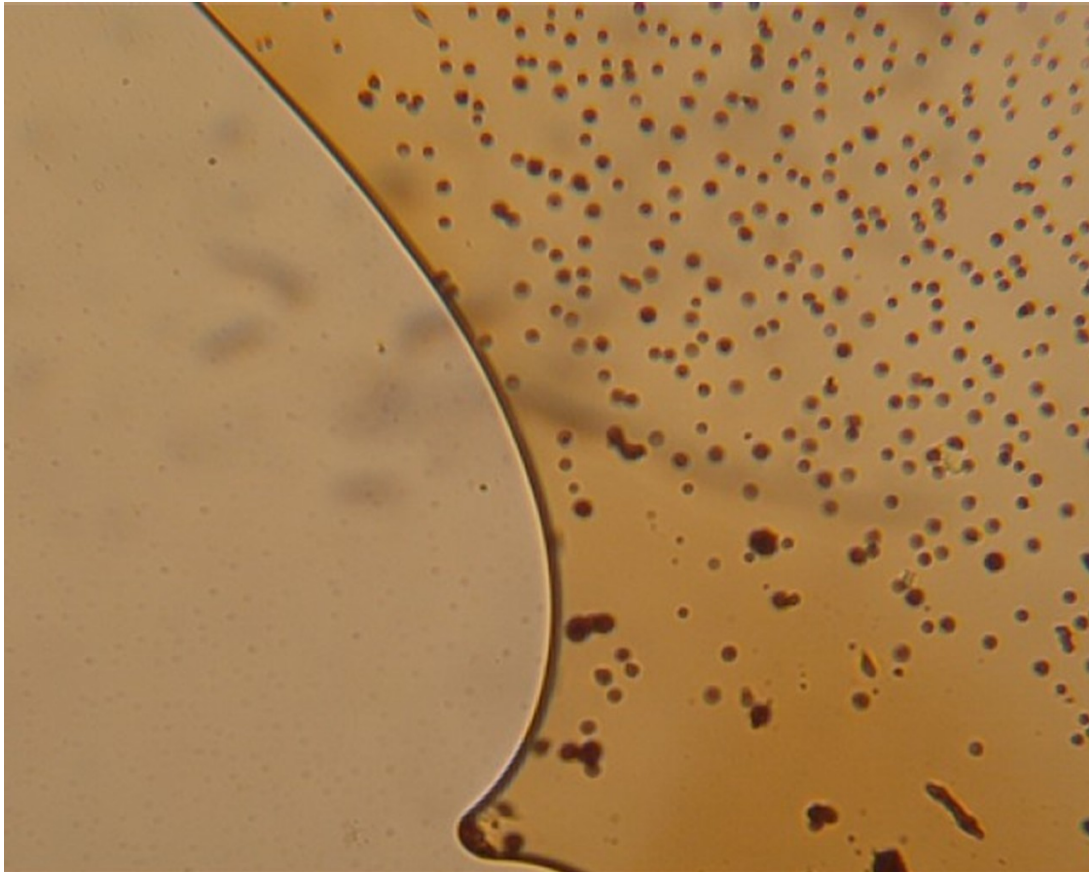
Annexes



Annexes



Annexes



Annexes

$$\int \vec{H} \cdot d\vec{l} = N \times I$$

par théorème d'Ampère

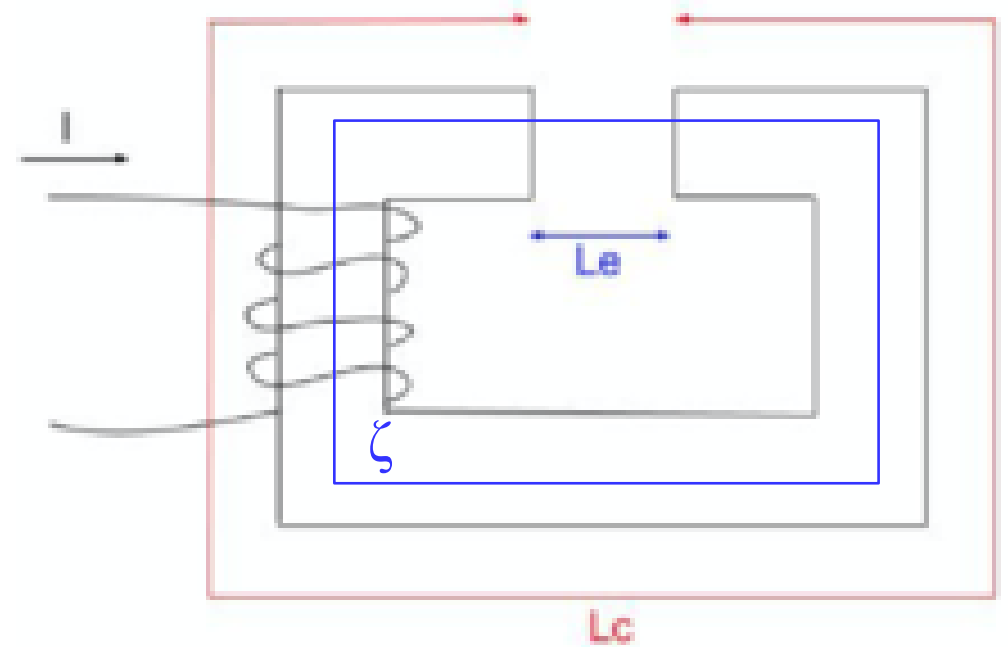
$$\Leftrightarrow H_c \times L_c + H_e \times L_e = N \times I$$

Continuité de la composante normale de B :

$$H_c = \frac{H_c}{\mu_r}$$

$$\text{d'où : } H_e = \frac{N \times I}{\frac{L_c}{\mu_r} + L_e} = \frac{\frac{250 \times I}{62,8 \times 10^{-2}} + 1 \times 10^{-2}}{1000} \text{ puis}$$

$$\vec{B} = \mu_0 \times \vec{H} = 0,0295 \times I$$



Annexes

On écrit la loi de Hagen-Poiseuille appliquée au tube vertical, qu'on suppose de section constante, et en supposant l'écoulement incompressible et stationnaire :

$$Q = \frac{\pi \times r^4}{8 \times \eta \times L} \times (p_1 - p_2)$$

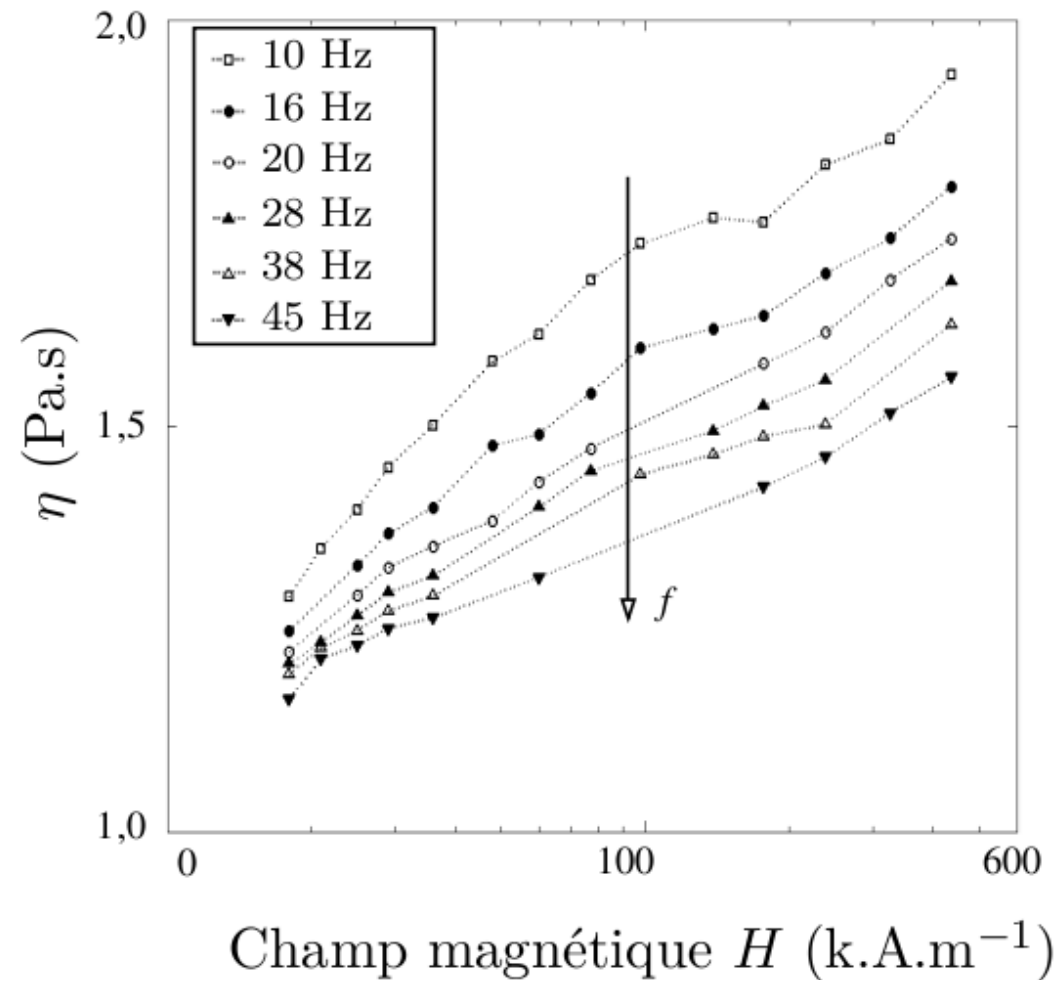
Or on a :

$$\frac{\Delta p}{L} = \mu \times g$$

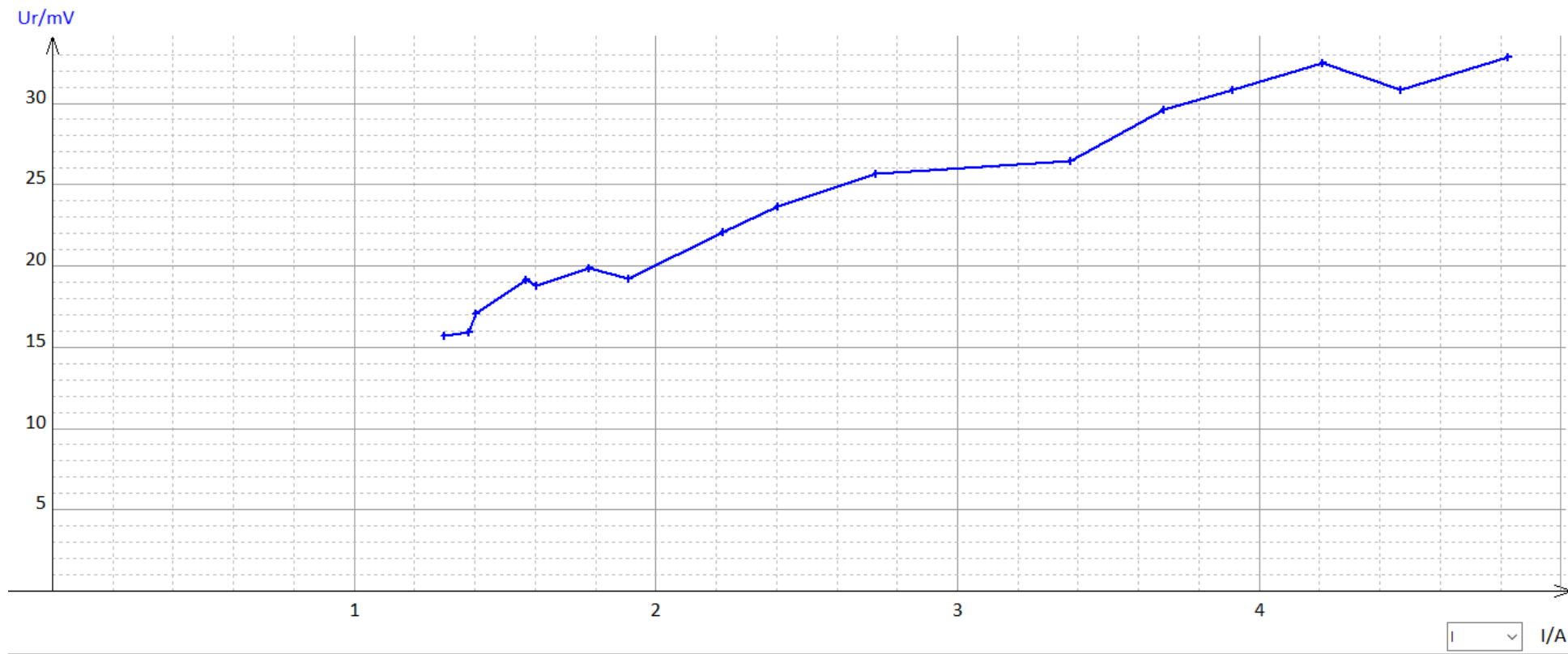
d'où :

$$Q = \frac{\pi \times r^4}{8 \times \eta} \times \mu \times g \quad \text{or} \quad Q = \frac{V}{\tau} \quad \text{donc} \quad V = \frac{\pi \times r^4}{8 \times \eta} \times \mu \times g \times \tau$$

Annexes



Annexes



Annexes

