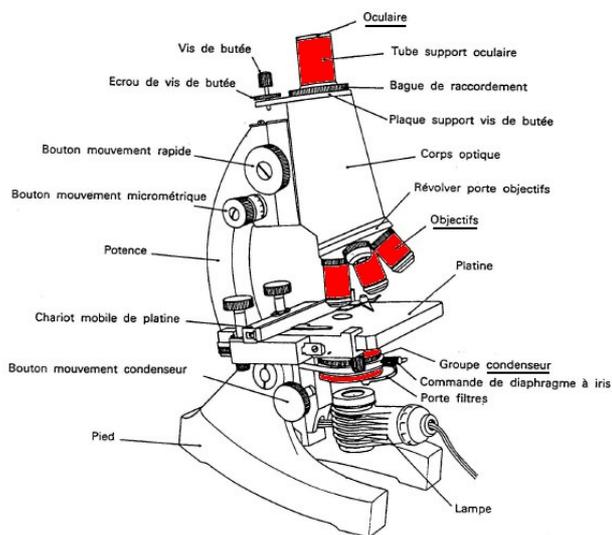


I – PRESENTATION DU MICROSCOPE :

1/ Description :

Un microscope comprend 3 systèmes optiques :

- **L'objectif**, placé devant l'objet, est constitué de plusieurs lentilles assimilables à une lentille convergente de très courte distance focale (de l'ordre du millimètre). Le grandissement γ_1 est gravé sur l'objectif (par exemple $\times 4$, $\times 10$, $\times 40$).
- **L'oculaire**, placé devant l'œil de l'observateur, de distance focale de l'ordre du centimètre. L'oculaire est assimilable à une lentille convergente et joue le rôle d'une loupe. Le grossissement G_2 est gravé sur l'oculaire (par exemple $\times 10$).
- **Le condenseur** et le miroir concave qui permettent d'éclairer l'objet observé.



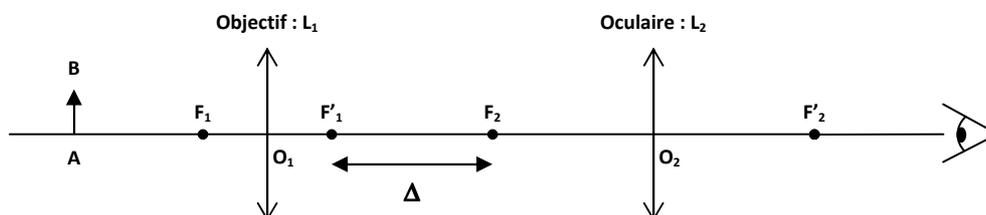
2/ Fonctionnement :

L'objectif et l'oculaire sont placés aux deux extrémités du corps optique. Ils sont fixes l'un par rapport à l'autre et leur distance constante est appelée **intervalle optique Δ** . La mise au point consiste à déplacer le bloc [objectif – corps – oculaire] d'abord à l'aide du bouton de mouvement rapide (réglage grossier) puis à l'aide du bouton de mouvement micrométrique (réglage fin). En général, un microscope dispose de plusieurs objectifs et oculaires permettant d'obtenir de nombreux **grossissements**.

II – MODELISATION DU MICROSCOPE :

1/ Montage :

Un microscope peut être modélisé par un ensemble de 2 lentilles convergentes. Les 2 lentilles ont le **même axe optique** et sont **fixes l'une par rapport à l'autre**.



2/ Matériel :

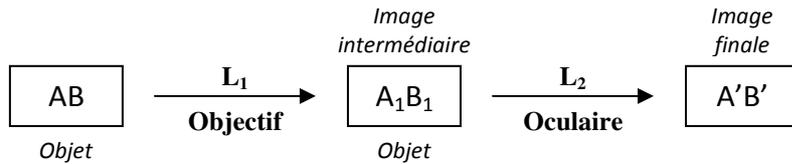
L'intervalle optique Δ est égal à la distance entre le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire, soit $\Delta = F'_1 F_2$. Dans un microscope, cette longueur est fixe.

L'objectif sera une lentille L_1 de distance focale $f'_1 = 124 \text{ mm}$.

L'oculaire sera une lentille L_2 de distance focale $f'_2 = 330 \text{ mm}$.

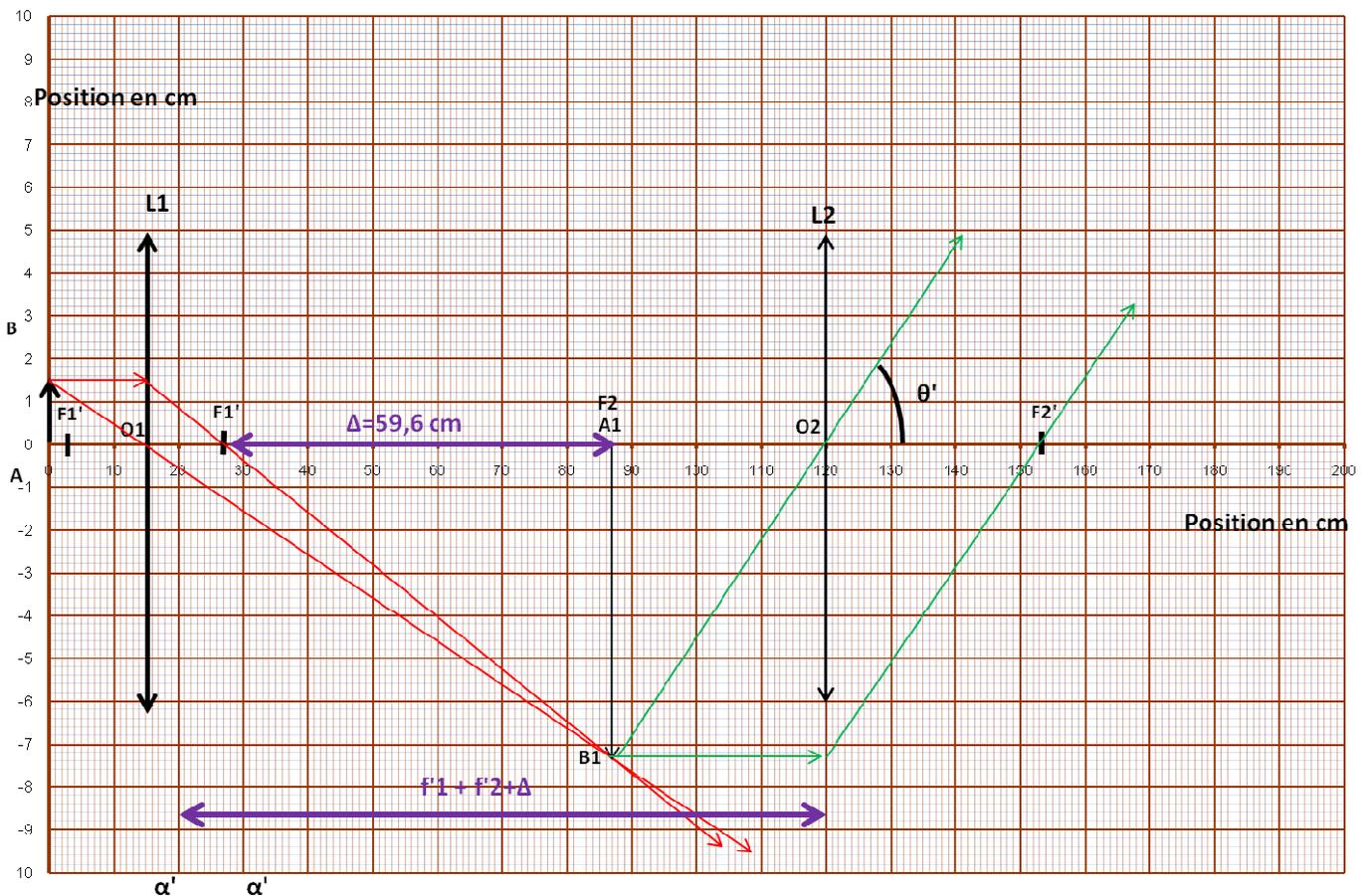
III – REALISATION DU MICROSCOPE :

1/ Principe du microscope :



2/ Marche des rayons lumineux :

Sur une feuille de papier millimétré, tracer l'axe optique du système. A l'échelle 1/10^{ème} sur l'axe horizontal et à l'échelle 1 sur l'axe vertical, placer l'objet AB (1,5 cm) et la lentille L₁ à 150 mm. (Placer les foyers). Le schéma sera complété progressivement.



Ci-dessus les lentilles ne sont pas représentées à l'échelle

3/ Image intermédiaire donnée par l'objectif :

Dans cette partie, on souhaite déterminer la taille et la position de l'image intermédiaire A₁B₁ donnée par l'objectif.

- ☞ Placer l'objectif (L₁) à 150 mm de l'objet F.
- ☞ Former une image A₁B₁ nette sur l'écran. Noter sa position.
Position de A₁ 87 cm c'est-à-dire AA₁ = 87 cm
- ☞ Retrouver la position de l'image intermédiaire à l'aide de la relation de conjugaison.

$$\frac{1}{\overline{O_1A_1}} = \frac{1}{\overline{O_1A}} + \frac{1}{f_1'} \text{ avec } \overline{O_1A} = -15,0 \text{ cm et } f_1' = 12,4 \text{ cm}$$

$$D' \text{ où } \overline{O_1A_1} = 71,5 \text{ cm d'où } \overline{AA_1} = |\overline{AO_1} + \overline{O_1A_1}| = 15,0 + 71,5$$

Soit $\overline{AA_1} = 86,5 \text{ cm}$

Déterminer expérimentalement le grandissement γ_1 de l'objectif.



$$\gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{A B}} = \frac{-7,2 \text{ cm}}{1,5 \text{ cm}} \text{ soit } \gamma_1 = -4,8$$

Retrouver cette valeur à partir de la théorie.



$$\gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{A B}} = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} \text{ avec } \overline{O_1A_1} = 71,5 \text{ cm et } \overline{O_1A} = -15,0 \text{ cm}$$

$$D'où \gamma_1 = \frac{-71,5 \text{ cm}}{15,0 \text{ cm}} = 4,76$$



Sur la feuille de papier millimétré, dessiner la construction de l'image intermédiaire A_1B_1 .
Voir schéma du début

4/ Image finale donnée par l'oculaire :

Afin de ne pas fatiguer l'œil de l'observateur, l'image finale doit être à l'infini.



Où doit se trouver la lentille L_2 par rapport à l'image intermédiaire pour obtenir une image finale à l'infini ?

La lentille L_2 doit avoir son foyer objet au niveau de l'image intermédiaire. Autrement dit la lentille L_2 est à 33 cm ($f'_2=33\text{cm}$) de l'image intermédiaire A_1B_1



Placer la lentille L_2 (Oculaire) dans ces conditions.



Placer l'écran blanc après l'oculaire et déplacer-le jusqu'à observer un petit disque lumineux bien net. Ce disque est le **cercle oculaire** du microscope (son étude sera réalisée plus loin).



Retirer l'écran et placer l'œil au niveau du cercle oculaire. Observer l'objet à travers le microscope.



L'image définitive est-elle droite ou renversée ?

L'image est inversée



Compléter le schéma sur la feuille de papier millimétré en plaçant la seconde lentille et en construisant l'image finale $A'B'$.

Voir schéma du début

5/ L'intervalle optique :



Quelle est la valeur de l'intervalle optique Δ du microscope ainsi réalisé ?

$$\Delta = 59,6 \text{ cm}$$



Comparer $|\gamma_1|$ et Δ/f'_1 . En déduire une relation entre ces grandeurs.

$$\text{On a vu que } |\gamma_1| \approx 4,8$$

$$\text{Calculons } \frac{\Delta}{f'_1} = \frac{59,6 \text{ cm}}{12,4 \text{ cm}} = 4,8 \text{ cm}$$

$$\text{donc on peut conclure } \frac{\Delta}{f'_1} = |\gamma_1|$$

Démonstration : (complément)

$$\gamma_1 = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}}; \quad A_1 = F_2; \quad \frac{1}{\overline{O_1A_1}} = \frac{1}{\overline{O_1A}} + \frac{1}{f'_1} \quad \text{et} \quad \Delta = \overline{O_1F_2} - f'_1$$

$$D'où : \gamma_1 = \frac{\overline{O_1F_2}}{\overline{O_1A}} = \frac{\Delta + f'_1}{\overline{O_1A}}$$

$$\text{En utilisant la relation de conjugaison } \frac{1}{\overline{O_1A_1}} = \frac{1}{\overline{O_1A}} + \frac{1}{f'_1}$$

$$\text{On obtient : } \frac{1}{\overline{O_1A_1}} = \frac{\gamma_1}{\Delta + f'_1} + \frac{1}{f'_1} \text{ et comme } A_1 = F_2$$

$$\text{alors } \frac{1}{\overline{O_1F_2}} = \frac{\gamma_1}{\Delta + f'_1} + \frac{1}{f'_1} \text{ et comme } \Delta + f'_1 = \overline{O_1F_2}$$

$$\text{Donc } \frac{1}{\Delta + f'_1} = \frac{\gamma_1}{\Delta + f'_1} + \frac{1}{f'_1} \text{ soit } \frac{f'_1}{(\Delta + f'_1)f'_1} - \frac{(\Delta + f'_1)}{(\Delta + f'_1)f'_1} = \frac{\gamma_1}{(\Delta + f'_1)}$$

$$\text{D'où } \frac{-\Delta}{(\Delta + f'_1)f'_1} = \frac{\gamma_1}{(\Delta + f'_1)} \text{ soit } \frac{-\Delta}{f'_1} = \gamma_1$$

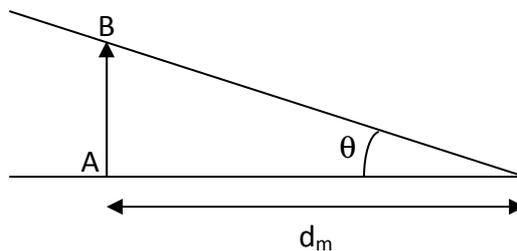
6/ Le grossissement du microscope :

Le grossissement G d'un instrument d'optique est le rapport

$$G = \frac{\theta'}{\theta}$$

θ' : Angle sous lequel est vu l'image finale par le microscope.

θ : Angle sous lequel est vu l'objet à l'œil nu lorsqu'il est placé à la distance minimale de vision distincte: $d_m = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$.



Représenter l'angle θ' sur le schéma du microscope. Attention: l'angle θ n'apparaît pas sur le schéma !!



Exprimer $\tan \theta$ en fonction de AB et d_m . Lorsque θ est "petit", on peut faire l'approximation: $\tan \theta \approx \theta$. Calculer θ en radian.

$$\tan \theta = \frac{AB}{d_m} \text{ si } \theta \text{ est petit alors } \theta \approx \frac{AB}{d_m}$$

Avec $AB = 1,5 \text{ cm}$ et $d_m = 25 \text{ cm}$ on a:

$$\theta \approx \frac{1,5 \text{ cm}}{25 \text{ cm}} \approx 0,060 \text{ rad soit } \theta \approx 3,4^\circ$$



Exprimer $\tan \theta' \approx \theta'$ en fonction de A_1B_1 et de f'_2 . Calculer θ' en radian.

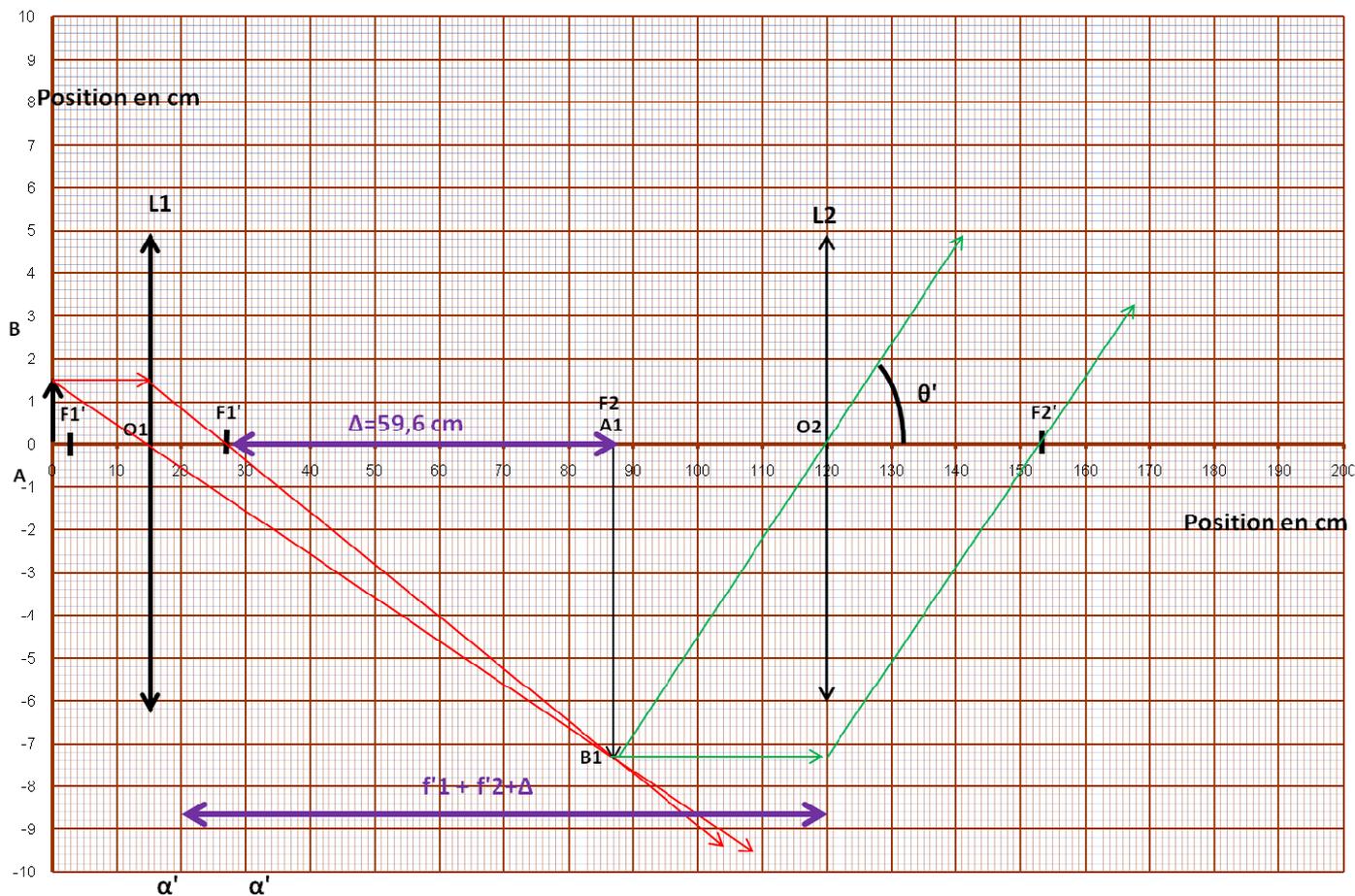
$$\tan \theta' = \frac{A_1B_1}{f'_2} \text{ soit } \theta' \approx \frac{A_1B_1}{f'_2} \text{ avec } A_1B_1 = 7,2 \text{ cm (expérimental) et } f'_2 = 33 \text{ cm}$$

$$\theta' \approx \frac{7,2 \text{ cm}}{33 \text{ cm}} \text{ d'où } \theta' \approx 0,22 \text{ rad soit } \theta' \approx 12,5^\circ$$



Calculer le grossissement G du microscope.

$$G = \frac{\theta'}{\theta} \text{ soit } G = \frac{12,5^\circ}{3,4^\circ} \text{ d'où } G = 3,7$$



Ci-dessus les lentilles ne sont pas représentées à l'échelle

Conclusion : Lorsqu'un microscope grossit G fois, cela signifie que l'objet est vu sous un angle G fois plus grand qu'avec l'œil nu.

Pour aller plus loin : Une étude théorique plus poussée permet d'écrire la relation suivante.

$$G = \frac{\Delta}{4 \cdot f'_1 \cdot f'_2}$$

Vérifier la valeur du grossissement G à partir de cette relation.

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{\frac{A_1 B_1}{f'_2}}{\frac{AB}{d_m}} \text{ soit } G = \frac{d_m \times A_1 B_1}{f'_2 \times AB} \text{ donc } G = \frac{d_m \times |y_1|}{f'_2} \text{ or } \frac{-\Delta}{f'_1} = y_1$$

$$D' où G = \frac{d_m \times \Delta}{f'_2 f'_1} \text{ si les distance sont en mètre alors } d_m = 0,25 \text{ m} = \frac{1}{4} \text{ m}$$

$$D' où G = \frac{\Delta}{4 f'_2 f'_1}$$

Ici on a $\Delta = 59,6 \text{ cm}$, $f'_2 = 12,4 \text{ cm}$ et $f'_1 = 33 \text{ cm}$

$$G = \frac{0,596 \text{ m}}{4 \times 0,124 \text{ m} \times 0,33 \text{ m}} \text{ d' où } G = 3,6$$

7/ Le cercle oculaire :

Le cercle oculaire est l'image de la monture de l'objectif (ou de son diaphragme) donnée par l'oculaire.

Etude du cercle oculaire :

- ☞ Placer l'écran blanc derrière l'oculaire et retrouver le cercle oculaire du microscope.
- ☞ Noter la position du cercle oculaire par rapport à l'oculaire et le diamètre d_{CO} du cercle oculaire.
Le cercle oculaire se trouve à 168 cm de l'objet : $AC = 168 \text{ cm}$ et $d_{CO} = 1,6 \text{ cm}$
- ☞ Vérifier que le cercle oculaire est bien l'image de l'oculaire par l'objectif en plaçant une pointe de stylo contre l'objectif. Qu'observez-vous ?
On voit la pointe du crayon sur l'écran, preuve que le cercle oculaire est l'image de l'objectif.
- ☞ On note C le point d'intersection entre le cercle oculaire et l'axe optique. A partir de la relation de conjugaison pour la lentille L_2 , calculer O_2C .

$$\frac{1}{O_2C} = \frac{1}{O_2O_1} + \frac{1}{f_2'} \text{ avec } O_2O_1 = f_2' + f_1' + \Delta = 105 \text{ cm}$$

$$\text{On trouve } O_2C = 48 \text{ cm cm donc } AC = 120 + 48 = 168 \text{ cm}$$

- ☞ Vérifier que $O_2C > f_2'$. Comparer la valeur calculée avec celle obtenue expérimentalement.

$$O_2C = 48 \text{ cm et } f_2' = 33 \text{ cm donc } O_2C > f_2'$$

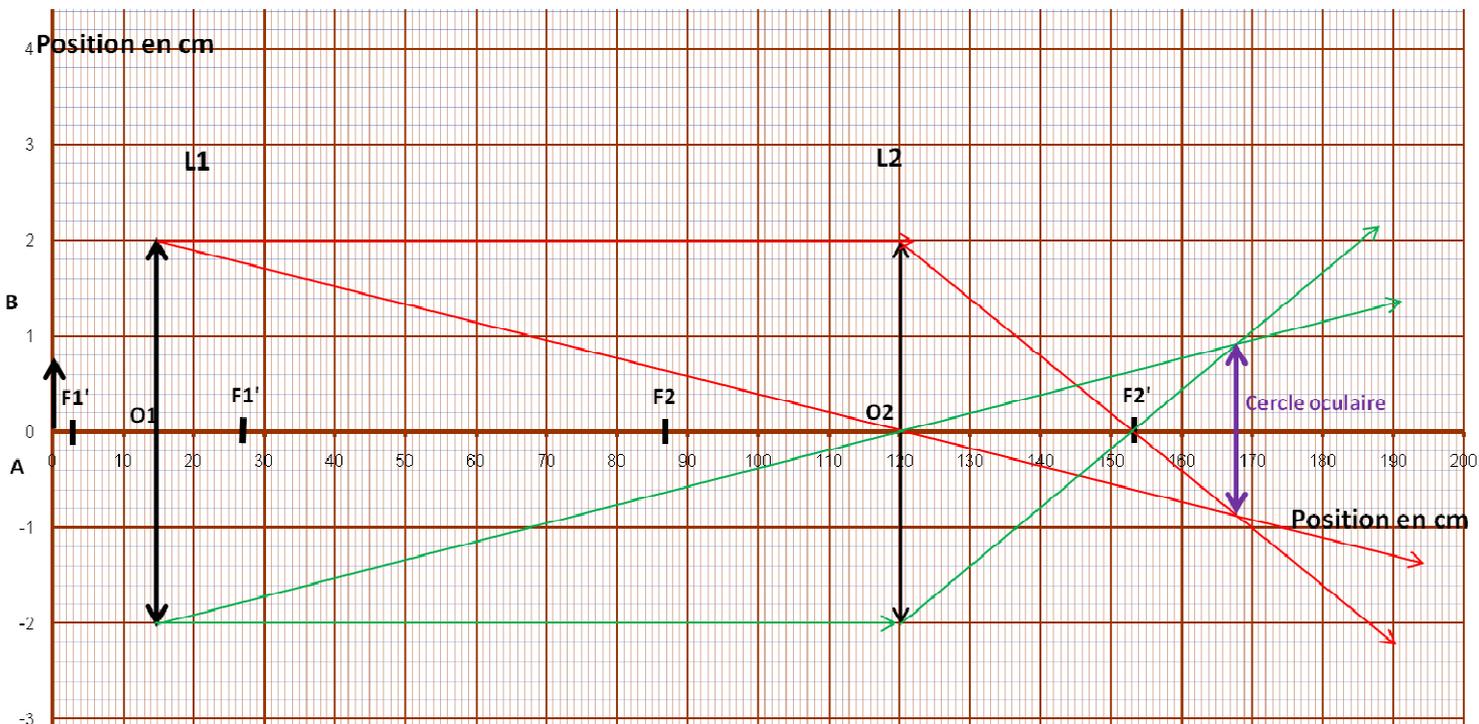
On constate que la théorie prévoit convenablement la position du cercle oculaire.

Construction du cercle oculaire :

- ☞ Construire le cercle oculaire sur une autre feuille de papier millimétré en réalisant un nouveau schéma de microscope mais sans placer l'objet et les images : on garde la même échelle horizontale ($1/10^{\text{ème}}$) mais on prend l'échelle 2 sur l'axe vertical.
- ☞ Le cercle oculaire dépend-il de la taille et de la position de l'objet ?
Non le cercle oculaire ne dépend pas de la taille et de la position de l'objet
- ☞ Calculer le diamètre du cercle oculaire, noté d_{CO} . Comparer avec l'expérience.

$$|\gamma_2| = \left| \frac{O_2C}{O_2O_1} \right| = \frac{d_{CO}}{d_{ob}} \text{ d'où } d_{CO} = \frac{O_2C \times d_{ob}}{O_2O_1} = \frac{48 \text{ cm} \times 3,6 \text{ cm}}{105 \text{ cm}}$$

$$\text{D'où } d_{CO} = 1,6 \text{ cm}$$



Remarque : Le faisceau lumineux émergent de l'oculaire d'un microscope réel se concentre en un petit disque lumineux de diamètre inférieur à 2 mm. Le diamètre de la pupille de l'observateur est généralement supérieur au diamètre du cercle oculaire : l'observateur reçoit alors un maximum de lumière lorsqu'il place son œil au niveau du cercle oculaire.

*M. BROUDIC – Terminale S Spécialité
Jeudi 27/09 – 15h30.*

*Banc optique.
Lampe + objet F.
Support.
Lentilles de 12 cm et 33 cm*