

TP3

Mesure d'une distance focale (2/2)

■ Un commercial présente à un technicien le bon de commande ci-contre d'un client souhaitant un lot de lentilles pour la fabrication de longues vues. Il lui demande de déterminer avec quelle précision il est possible de caractériser la vergence des lentilles fabriquées par l'entreprise afin de voir si elles correspondent aux critères demandés par le client.

Bon de commande					
Versailles Vision		BON DE COMMANDE			
produit	Descriptif	Référence	Prix unitaire TTC	Quantité	Prix total TTC
Lentille en verre Ø 40 mm	- convergente - dioptrie + 5 δ - incertitude autorisée ± 0,4 δ	24.138F	9,50 €	10	95€
Frais de port					24€
Total commande					119 €

■ Le technicien dispose :

- d'une lentille convergentes dont la distance focale f' est d'environ de 20 cm
- d'un « banc optique » gradué

■ Pour réaliser cette expertise, vous disposez de 3 méthodes :

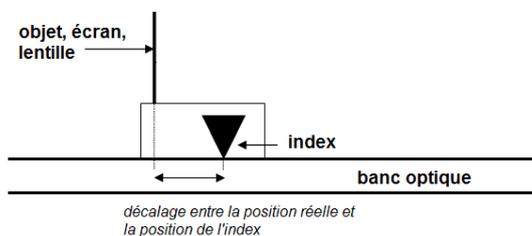
- la méthode dite « d'autocollimation »,
- la méthode dite « de Bessel »
- la méthode utilisant la relation de conjugaison

■ Dans cette seconde partie, les incertitudes sur les mesures effectuées seront de type B (déterminées à partir d'une seule mesure).

DOC1/ Les incertitudes en optique

L'erreur de décalage

■ Les positions de l'objet, de l'image (= écran) et de la lentille sont indiqués par des index ; il existe un décalage entre la position de l'index et la position réelle de l'objet (de l'écran ou de la lentille)



↳ L'incertitude liée au décalage est estimée à

$$U_{\text{déc}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \times \text{grad} \text{ avec } 1 \text{ grad} = 0,1 \text{ cm}$$

L'erreur de lecture

■ La lecture de la position de l'index (de l'objet, de la lentille ou de l'écran) occasionne une erreur de lecture.

↳ L'incertitude liée à la lecture est estimée à

$$U_{\text{lec}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \text{grad} \text{ avec } 1 \text{ grad} = 0,1 \text{ cm}$$

L'erreur de mise au point

■ Plusieurs positions peuvent donner une image nette

↳ L'incertitude liée à la mise au point est estimée à

$$U_{\text{map}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \times \left(\frac{x_{\text{max}} - x_{\text{min}}}{2} \right) = \frac{x_{\text{max}} - x_{\text{min}}}{\sqrt{3}}$$

Où x_{max} et x_{min} représentent les positions extrêmes de mise au point

DOC2/ Autocollimation

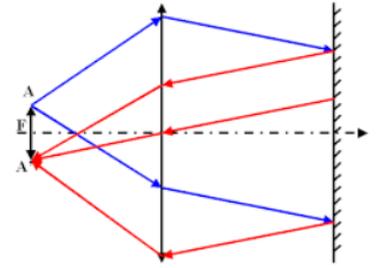
http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/optiqueGeo/focometrie/autocollimation.php

- Soient X1 la position de l'objet et X2 la position de la lentille

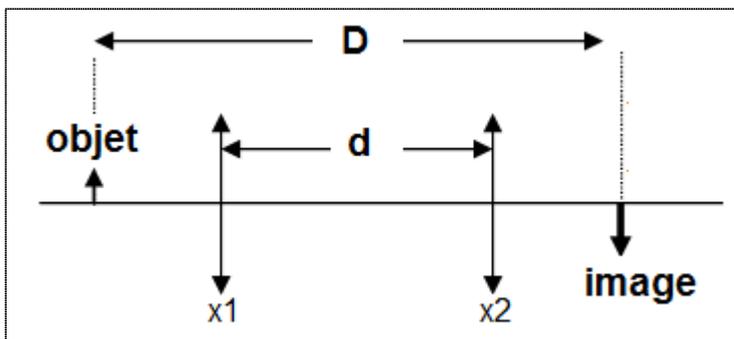
$$f' = X_2 - X_1$$

On admet que : (relation trouvée à l'aide de l'association des incertitudes du DOC1)

$$U_{f'}^2 = \frac{10}{3} \times \text{grad}^2 + \frac{1}{3} \times (X_{2_{\max}} - X_{2_{\min}})^2$$



DOC3/ La relation de Bessel



- On fixe la distance entre l'objet et l'écran : $D > 4 f'$ soit légèrement supérieur à 80 cm

- On recherche ensuite les positions x_1 et x_2 de la lentille qui permettent d'obtenir une image nette de l'objet sur l'écran. On appelle d , La distance entre ces deux positions : $d = x_2 - x_1$.

- Dans ces conditions, on peut établir, que (relation de Bessel) : $f' = \frac{D^2 - d^2}{4 \times D}$

On admet que : (relations trouvées à l'aide de l'association des incertitudes du DOC1)

$$U_{D^2} = \frac{10}{3} \times \text{grad}^2$$

$$U_{d^2} = \frac{10}{3} \times \text{grad}^2 + \frac{1}{3} \times (x_{1_{\max}} - x_{1_{\min}})^2 + \frac{1}{3} \times (x_{2_{\max}} - x_{2_{\min}})^2$$

$$U_{f'}^2 = \left(\frac{D^2 + d^2}{4 \times D^2} \right)^2 \times U_{D^2} + \left(\frac{d}{2 \times D} \right)^2 \times U_{d^2}$$

DOC4/ La relation de conjugaison

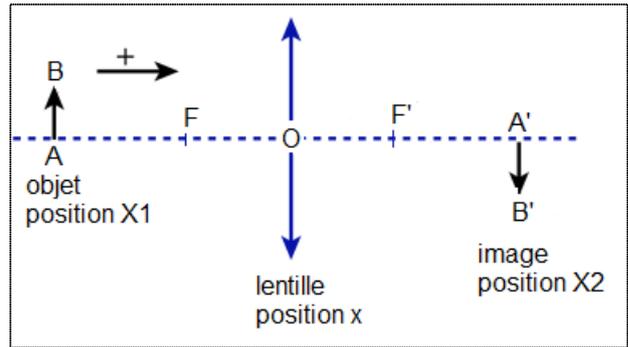
- On utilise le même dispositif que précédemment

X_1 : position de l'objet

X_2 : position de l'image

x : position de la lentille afin d'avoir une image nette sur l'écran

■ **Relation de conjugaison** :
$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$$



On peut montrer que la relation de conjugaison donne :
$$f' = \frac{OA' \times OA}{OA - OA'}$$

On admet que : (relations trouvées à l'aide de l'association des incertitudes du DOC1)

$$\overline{UOA}^2 = \overline{UOA'}^2 = \frac{10}{3} \times \text{grad}^2 + \frac{1}{3} \times (x_{\max} - x_{\min})^2$$

$$\overline{Uf'}^2 = \left(\frac{OA - f'}{OA - OA'} \right)^2 \times \overline{UOA}^2 + \left(\frac{OA + OA'}{OA - OA'} \right)^2 \times \overline{UOA'}^2$$

DOC5/ Focale et vergence

- On rappelle que la focale et la vergence d'une lentille sont reliées par la relation
$$C = \frac{1}{f'}$$

Avec : C en dioptries (d) et f' en mètres (m)

■ On a alors
$$\frac{Uf'}{f'} = \frac{UC}{C}$$

Détermination d'une distance focale à l'aide de l'autocollimation

EXP1/ Réalisation de l'expérience décrite dans le DOC2 :

- Placer un objet lumineux sur une graduation X_1 du banc d'optique
- Sur un support placer une lentille et y accoler un miroir plan juste derrière ; placer cet ensemble près de l'objet
- Eloigner lentement cet ensemble jusqu'à obtenir une image nette dans le plan de l'objet avec un grossissement de $\gamma = -1$; noter les positions extrêmes $X_{2\min}$ et $X_{2\max}$ de la lentille

→ Rentrer les valeurs dans le fichier Excel associé à l'activité

→ Déterminer la valeur de la focale f et de la vergence C de la lentille avec leur incertitude.

Détermination d'une distance focale à l'aide de la relation de Bessel

EXP2/ Réalisation de l'expérience décrite dans le DOC3 :

- Placer l'objet lumineux sur une graduation X_1 et l'écran sur une position X_2 telles que $X_2 - X_1 > 80 \text{ cm}$
- Déplacer la lentille afin de trouver les positions x_{1min} et x_{1max} puis x_{2min} et x_{2max} qui permettent de visualiser une image nette sur l'écran .

→ Rentrer les valeurs dans le fichier Excel associé à l'activité

→ Déterminer la valeur de la focale f et de la vergence C de la lentille avec leur incertitude

Détermination d'une distance focale à l'aide de la relation de conjugaison

EXP3/ Réalisation de l'expérience décrite dans le DOC4 :

- Placer l'objet lumineux sur une graduation X_1 .
- Chercher la position x de la lentille et la position X_2 de l'écran qui permettent d'obtenir une image nette sur l'écran ; noter les positions x_{min} et x_{max} de la lentille qui permettent de visualiser une image nette sur l'écran.

→ Rentrer les valeurs dans le fichier Excel associé à l'activité

→ Déterminer la valeur de la focale f et de la vergence C de la lentille avec leur incertitude.

Conclusion

→ Comparer les différentes méthodes utilisées ; quelle est celle qui semble la plus précise ?

→ Conclure sur l'objectif du TP