BTS OPTICIEN LUNETIER

Optique Géométrique et Physique

SESSION 2013

Note : ce corrigé n'a pas de valeur officielle et n'est donné qu'à titre informatif sous la responsabilité de son auteur par Acuité.

Proposition de corrigé par Joseph Hormière,
professeur du Lycée Technique Privé d'Optométrie de Bures-sur-Yvette

INSTITUT
ET CENTRE
D'OPTOMÉTRIE
INTERNATIONAL COLLEGE
OF OPTOMETRY

Optique Géométrique

1.1. L'objectif d'un microscope donne de l'objet une image agrandie et renversée.

$\gamma_1 = -40$

1.2. Comme l'œil vise à l'infini sans accommodation (emmétrope), l'image instrumentale A'B' est à l'infini et, en conséquence, l'image intermédiaire est dans le plan focal objet de l'oculaire [F_{oc}] et l'objet, dans le plan focal objet du microscope [F_m].

$A_1 \equiv F_{oc}$ et $A \equiv F_m$.

La formule de grandissement de NEWTON donne :

$$\gamma_1 = \frac{-\overline{F'_1A_1}}{f'_1} = \frac{-\Delta}{f'_1} \quad \Rightarrow \quad f'_1 = \frac{-\Delta}{\gamma_1} = \frac{-180}{-40} = +4,5\,mm$$

1.3.1. Les rayons lumineux qui traversent l'objectif présentent des angles d'incidence sur les surfaces dioptriques et des angles d'inclinaison par rapport à l'axe optique qui ne sont pas petits (inférieurs à 10°).

1.3.2. L'ouverture numérique de 0,65 correspond, dans l'air, à une demi-ouverture du faisceau utile issu du point objet A : u = arcsin(0,65) = 40,5°. Cette valeur est nettement supérieure à 10°. On est loin des conditions de Gauss.

2.1. Le doublet oculaire de symbole 3/2/1 est un *Huygens*. Il est convergent.

$$P_{ioc} = 4G_{coc} = 4\times 10 = 40\,\delta \qquad f'_{oc} = \frac{1}{D_{oc}} = \frac{1}{P_{ioc}} = \frac{1}{40}\,m \quad \text{soit} \quad f'_{oc} = 25\,mm$$

2.2. La formule de GULLSTRAND, mise sous une forme compacte, donne la focale du doublet :

$$f'_{oc} = \frac{f'_2\, f'_3}{f'_2 + f'_3 - e} = \frac{3a\times a}{3a + a - 2a} = \frac{3}{2}a = 25 \quad \Rightarrow \quad a = \frac{50}{3}\,mm \quad \text{soit } a = 16{,}\bar{6}\,mm$$

$$f'_2 = 3a = 3\times\frac{50}{3} = 50\,mm \qquad f'_3 = a = 16{,}\bar{6}\,mm \qquad e = 2a = 33{,}3\,mm$$

2.3. En associant formules de GULLSTRAND décomposition de CHASLES, on obtient :

$$\overline{\mathrm{L_2H_{oc}}} = e\,\frac{f'_{oc}}{f'_3} = 2a\frac{25}{a} = +50\,mm$$

$$\overline{\mathrm{L_2F_{oc}}} = \overline{\mathrm{L_2H_{oc}}} + \overline{\mathrm{H_{oc}F_{oc}}} = 50 - 25 = +25\,mm$$

$$\overline{\mathrm{L_3H'_{oc}}} = -\,e\,\frac{f'_{oc}}{f'_2} = -2a\frac{25}{3a} = -16{,}\bar{6}\,mm$$

$$\overline{\mathrm{L_3F'_{oc}}} = \overline{\mathrm{L_3H'_{oc}}} + \overline{\mathrm{H'_{oc}F'_{oc}}} = -16{,}\bar{6} + 25 = +8{,}\bar{3}\,mm$$

2.4. $f'_2 + f'_3 = 3a + a = 4a = 2\times 2a = 2e$. L’oculaire est bien achromatique apparent.

2.5. L’oculaire est négatif, car son foyer principal objet est virtuel (il est situé après L_2).

3.1.1. $|P_m| = \left|\frac{\theta'}{y}\right|$ avec θ', diamètre apparent de l'image et y, taille de l'objet.

L’angle est mesuré en radian, la taille de l’objet en mètre ; la puissance est en dioptrie.

3.1.2. Si y_1 est la taille de l’image intermédiaire,

$$|P_m| = \left|\frac{\theta'}{y}\right| = \left|\frac{\theta'}{y_1}\times\frac{y_1}{y}\right| = P_{oc}\times|\gamma_1|$$

3.1.3. $|P_m| = 40\times 40 = 1600\,\delta$

3.2. $G_c = \dfrac{|P_m|}{4\,\delta} = \dfrac{1600}{4} = 400$

3.3.1. La limite de résolution du microscope est la plus petite distance qui sépare deux points objets, situés dans le plan de mise au point [A], dont le microscope donne deux images distinctes.

3.3.2. Limite de résolution due à l'instrument : $\dfrac{0,61\lambda}{n\sin u} = \dfrac{0,61\times 0,55}{0,65} = 0,52\,\mu m$

Limite de résolution due à l'œil : $\dfrac{\theta'_{oeil}}{|P_m|} = \dfrac{3,0\ 10^{-4}}{1600} = 1,9\ 10^{-7}\,m$ soit $0,19\,\mu m$

On retient comme limite de résolution de l'ensemble microscope + œil la plus grande des deux valeurs, soit $0,52\,\mu m$.

4.1. Voir schéma en annexe.

Le rayon qui définit la limite du champ de pleine lumière est le rayon issu du bord supérieur de la pupille D_o qui s'appuie sur le bord supérieur de la lucarne L_2.

Des deux triangles semblables hachurés sur le schéma on déduit :

$$\frac{r_2 - R_{Do}}{\mathrm{D_oL_2}} = \frac{r_{1PL} - r_2}{\mathrm{L_2F_{oc}}} \quad \text{soit} \quad \frac{10-2,9}{180-25} = \frac{r_{1PL}-10}{25} \quad \text{d'où} \quad r_{1PL} = 11,15\,mm$$

4.2. Le champ réel (champ objet) correspondant est 40 fois plus petit : $r_{PL} = 0,28\ mm$

Le diamètre du champ réel de pleine lumière est 0,56 *mm*.

4.3. Le tracé a été effectué en choisissant une échelle transversale 3.

On aurait pu prendre une autre échelle ou, plus rapidement, tracer un schéma de principe en utilisant le diaphragme d'ouverture et le diaphragme de champ (lentille L_2) proposés sur le schéma.

5.1. Le microscope est un système optique divergent.

$$f'_m = \frac{-1}{|P_m|} = \frac{-1}{1600}\,m \quad \text{soit} \quad f'_m = -0,625\,mm$$

5.2. $\overline{\mathrm{F_mA}}.\overline{\mathrm{F'_mA'}} = -f'^2_m \quad \Rightarrow \quad \overline{\mathrm{F_mA}} = \dfrac{-f'^2_m}{\overline{\mathrm{F'_mA'}}} = \dfrac{-(-0,625)^2}{-100} = +0,0039\,mm$ soit $3,9\,\mu m$

5.3. Le plan objet [A] est fixe. Le foyer principal objet du microscope étant lié au microscope et le point F se trouvant à gauche de A, il faut déplacer l'ensemble objectif + oculaire dans le sens négatif, de 3,9 micromètres.

5.4. La vis micrométrique – comme son nom l'indique – permet d'effectuer ce tout petit déplacement.

6. En mesurant sur 6 cm à partir du centre d'un trait clair on obtient :

7 périodes (ou pas) pour le premier réseau ;

15 ………………...pour le second réseau.

Une simple règle de trois donne le nombre de traits par millimètre pour le second réseau : $n = \frac{15}{6} \times 140 = 300$

7.1. $a(\sin i' - \sin i)$ représente la *différence de marche* δ entre deux rayons qui atteignent deux traits successifs du réseau avec l'angle d'incidence *i*, et sont diffractés dans la direction *i'*.

Cette différence de marche représente la *différence de chemin optique* entre le point source où les deux rayons ont été séparés et le point à l'infini où ils interfèrent.

7.2. Le deuxième membre de l'équation $k\lambda$ correspond (*k* étant un entier relatif) à des *interférences constructives*, c'est-à-dire des interférences obtenues avec des *vibrations en phase*.

8.1. $D_m = i' - i = -i - i = -2i$

8.2. $i = \frac{D_m}{-2} = \frac{18,86}{-2} = -9,43°$

8.3. $a(\sin i' - \sin i) = k\lambda_0$ dans le cas présent, $a(\sin(-i) - \sin i) = 2\lambda_0$

Soit $-2a\sin i = 2\lambda_0 \quad \Rightarrow \quad a = \frac{2\lambda_0}{-2\sin i} = \frac{2 \times 546,1}{-2\sin(-9,43)} = 3333\,nm$

$$n = \frac{1}{a(mm)} = \frac{1}{3333\ 10^{-6}} = 300$$

On obtient bien la même valeur.

9.1. Pour le premier réseau, le nombre de traits est : $N = \frac{L}{a} = Ln = 1,5 \times 140 = 210$

$R = kN = 1 \times 210 = 210$ d'où $\Delta\lambda = \frac{\lambda}{R} = \frac{577}{210} = 2,75\,nm$

Le doublet jaune du mercure n'est pas séparable, car 2,75 *nm* > 2,1 *nm*

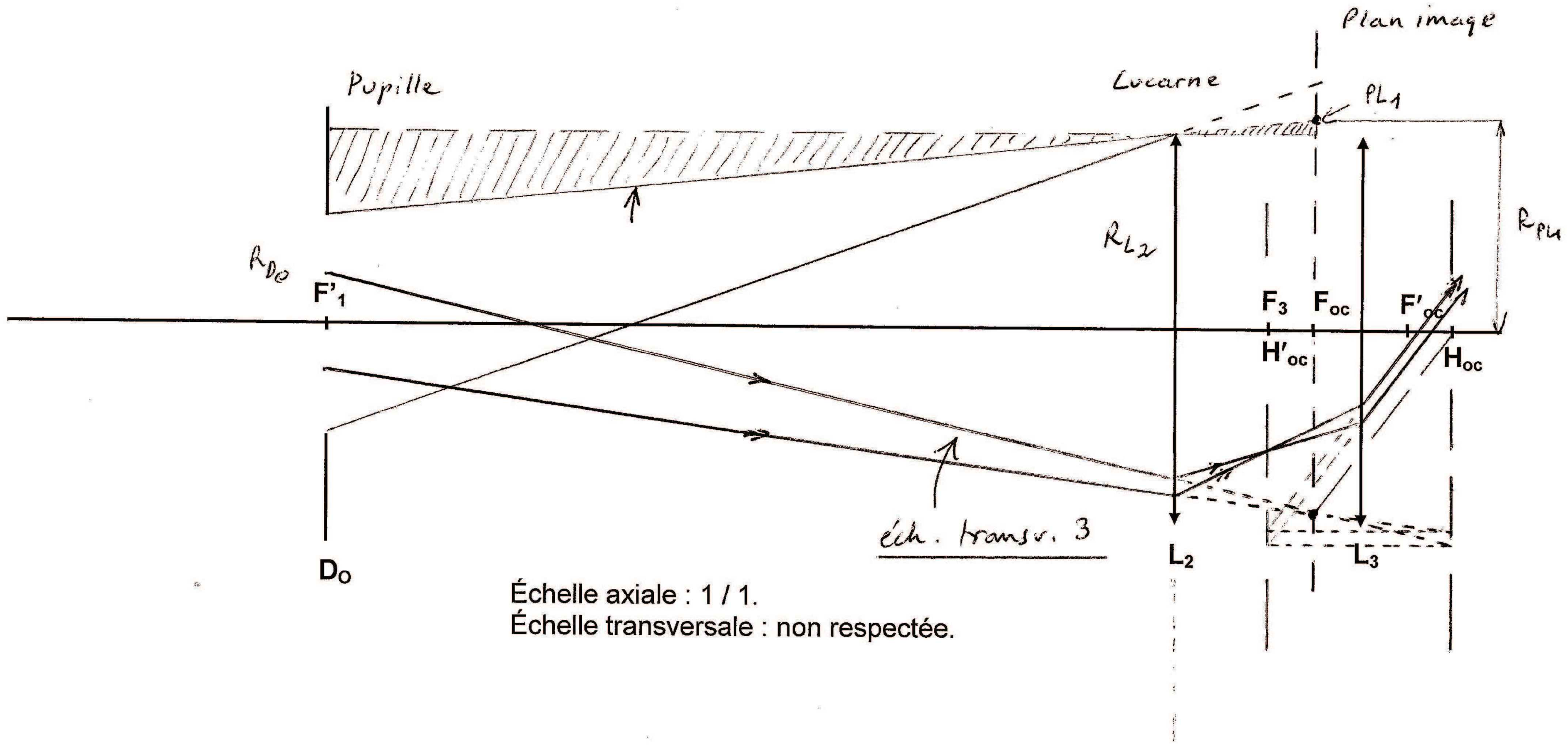
9.2. Avec le second réseau, de même largeur, le nombre de traits est égal à :

$1{,}5 \times 300 = 450$ et le pouvoir de résolution du réseau devient :

$R = kN = 1 \times 450 = 450$ d'où $\Delta\lambda = \frac{\lambda}{R} = \frac{577}{450} = 1{,}28\,nm$

Le doublet est séparable car cette fois-ci : 1,28 *nm* < 2,1 *nm*

FEUILLE-ANNEXE
(à rendre avec la copie)



Échelle axiale : 1 / 1.
Échelle transversale : non respectée.