

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR GENIE OPTIQUE**  
**OPTION OPTIQUE INSTRUMENTALE**

**PHYSIQUE APPLIQUEE (partie optique : EPREUVE U42)**

**Session 2001**

**Durée : 2h30 Coefficient : 2,5**

**I - ETUDE D'UN APPAREIL PERMETTANT L'OBSERVATION DE LA RETINE (10 pts)**

Cet appareil forme l'image d'une source lumineuse sur une partie déterminée de la rétine [R] de l'œil [P] du patient. Il est constitué de (cf. fig 1 ci-dessous) :

- [L] : source lumineuse assimilée à une ouverture carrée perpendiculaire à l'axe de l'appareil et dont le centre A est sur cet axe.
- [C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>] : condenseur, constitué de deux lentilles plan-convexes dont les faces bombées se touchent en I.
- [E] : diaphragme circulaire de diamètre réglable, centré en I.
- [D] : diaphragme iris centré en A' conjugué de A.
- [H<sub>o</sub>], [H<sub>o</sub>'] : plans principaux d'un objectif dont le foyer objet F<sub>o</sub> est en A'.
- [M] : miroir plan percé d'un trou de centre T permettant l'examen direct de la rétine de l'œil [P] par l'observateur [O].

Les cotes, en millimètres, sont indiquées sur le schéma. [O] et [P] sont emmétropes. [P] a une vergence V = 60 dioptries, on confond ses plans principaux et ses pupilles.

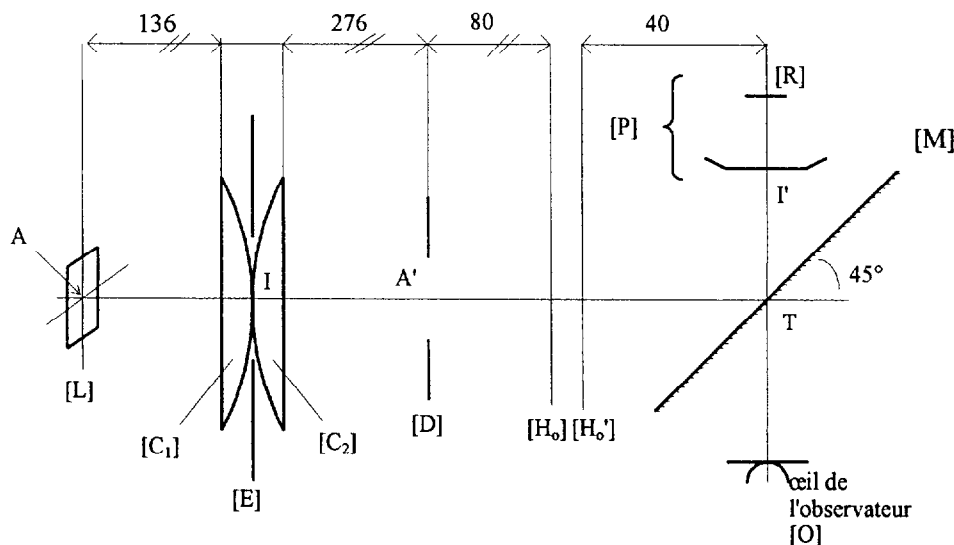


Fig 1

**1 Les lentilles  $[C_1]$  et  $[C_2]$  sont en verre d'indice  $n = 3/2$  et ont chacune une épaisseur  $e = 6,0$  mm.**

- 1.1 Déterminer la position des plans principaux  $[H_1]$ ,  $[H_1']$  et  $[H_2]$ ,  $[H_2']$  de  $[C_1]$  et  $[C_2]$ , puis les plans principaux  $[H_c]$ ,  $[H_c']$  du système résultant.
- 1.2 Sachant que A et A' sont conjugués et que le faisceau doit être cylindrique entre  $[C_1]$  et  $[C_2]$ , déterminer les distances focales respectives de  $[C_1]$  et de  $[C_2]$ .

**2 La pupille de l'œil  $[P]$  (de centre I') est placée dans le plan conjugué de  $[E]$ .**

- 2.1 Déterminer la chaîne des images de l'objet  $[E]$  jusqu'à la pupille de  $[P]$ .
- 2.2 Calculer la distance  $TI'$ .
- 2.3  $[E]$ , diaphragme d'ouverture, a un diamètre maximal  $D_{E_{\max}} = 25$  mm.  
Compléter la figure 2 (à rendre avec la copie) en plaçant les plans principaux  $[H_c]$  et  $[H_c']$ .  
Tracer sur le même document le faisceau issu de A et couvrant toute la pupille d'entrée du condenseur  $[C_1, C_2]$ , jusqu'à la rétine de  $[P]$ . Prendre un diamètre pupillaire pour  $[P]$  suffisamment grand pour qu'il ne diaphragme pas le faisceau.
- 2.4 La pupille de  $[P]$  a un diamètre  $D_p = 6$  mm. Calculer le diamètre d'ouverture  $D_E$  de  $[E]$  pour que la pupille de  $[P]$  soit entièrement couverte par le faisceau issu de A.

**3 La source  $[L]$  est un carré de côté  $a = 4$  mm.**

- 3.1 Calculer le diamètre maximal utile  $D_u$  de  $[D]$  pour que toute la lumière issue de  $[L]$  et transmise par le condenseur soit utilisée pour éclairer la rétine de  $[P]$ .
- 3.2 Calculer alors les dimensions de l'image  $[L']$  de la source  $[L]$  obtenue sur la rétine de  $[P]$ .

**4 On admet que les pupilles de l'objectif sont confondues avec ses plans principaux  $[H]$  et  $[H']$ .**

- 4.1 Calculer le diamètre minimal  $d$  de ces pupilles pour que l'objectif ne limite pas les faisceaux issus de  $[L]$ ,  $[E]$  ayant son diamètre maximal.
- 4.2 Calculer l'ouverture relative de l'objectif.

Mise en situation.

Un spectroscopie à réseau par transmission est constitué :

- d'un collimateur formé d'une lentille achromatique  $[L_1]$  et d'une fente  $[F]$  placée au foyer de  $[L_1]$ ,
- d'une platine graduée  $[P]$ , horizontale, sur laquelle est placé un réseau plan  $[R]$  dont les traits sont verticaux,
- d'une lunette d'observation réglée à l'infini, mobile autour de l'axe de la platine  $[P]$ .

Les axes du collimateur et de la lunette se coupent au centre  $O$  de la platine  $[P]$ .

La figure 3 représente le schéma de principe du spectroscopie.

Dans tout le problème on supposera la fente  $[F]$  suffisamment étroite pour pouvoir négliger sa largeur et on ne tiendra pas compte des diffractions engendrées par les montures des lentilles.

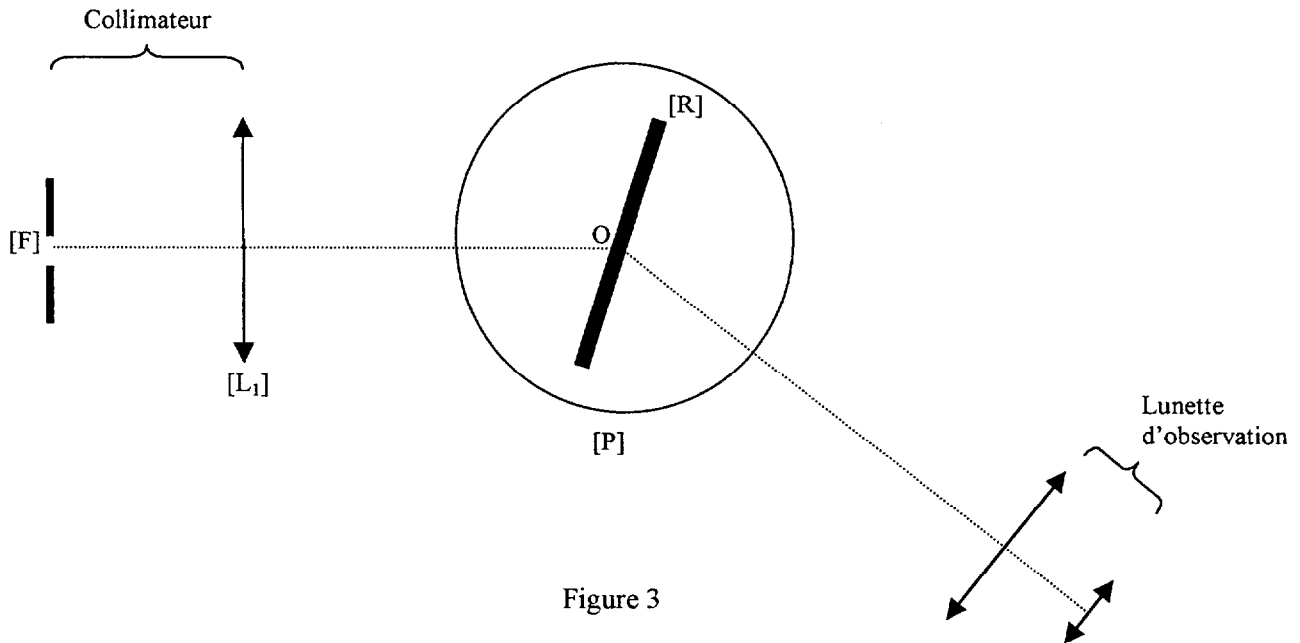


Figure 3

### 1 Relation des réseaux

Le réseau de pas  $a$  est éclairé en lumière monochromatique. On suppose que le faisceau incident a une direction fixe et fait un angle  $i$  variable avec la normale au réseau. Le réseau peut tourner autour d'un axe vertical parallèle à ses traits.

1.1 Exprimer la différence de marche  $\delta$  entre les rayons transmis par deux fentes consécutives du réseau dans une direction formant un angle  $i'$  avec la normale au réseau, en fonction de  $a$ ,  $i$  et  $i'$ . La justification se fera à l'aide d'un schéma sur lequel on indiquera clairement les conventions d'orientation des angles  $i$  et  $i'$ .

1.2 On recherche les directions d'angle  $i'$  pour lesquelles l'intensité du faisceau émergent est maximale.

1.2.1 A quelle condition a-t-on un maximum d'intensité dans une direction  $i'$  ?

1.2.2 On notera  $k$  l'ordre des maxima. Etablir la relation vérifiée par les directions  $i'$  pour lesquelles on observe un maximum de lumière, avec  $i$ ,  $a$ , et  $k$ .

### 2 Contrôle du pas du réseau.

Le réseau est éclairé sous incidence quasi normale par de la lumière issue d'une lampe à vapeur de mercure de longueur d'onde  $\lambda = 546,1 \text{ nm}$ . On constate que la distance angulaire entre les spectres d'ordre  $+1$  et  $-1$ , est de  $31^\circ 42'$ .

2.1 Déterminer le pas du réseau.

2.2 Le réseau porte l'indication 500 traits par millimètre. Conclure.

Le collimateur envoie sur le réseau un faisceau de lumière blanche ( $400 < \lambda < 750$  nm) sous incidence normale. On appelle spectres isolés des spectres dont les couleurs ne se chevauchent pas.

3.1 Combien de spectres isolés peut-on observer ?

3.2 Calculer l'étendue angulaire de chacun de ces spectres.

#### 4 Spectre normal

Le réseau est éclairé sous une incidence  $i$ . On note  $i_k'$  l'angle sous lequel on peut observer une raie de longueur  $\lambda$  dans l'ordre  $k$ . L'allure de la courbe représentant l'intensité normalisée  $I/I_0$  à la sortie du réseau en fonction de  $\sin i'$  est donnée par la figure 4 (ci-dessous).

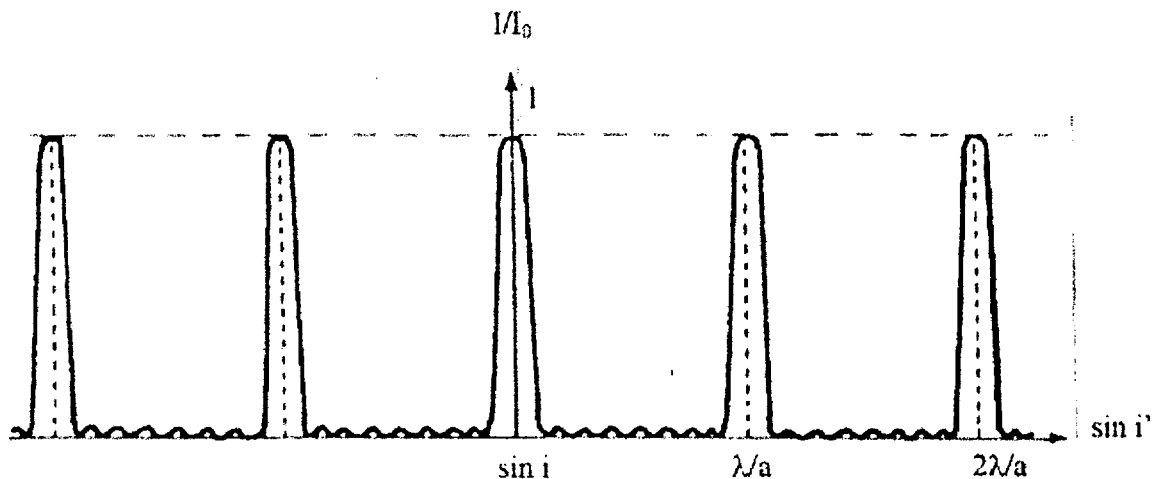


Figure 4

4.1 Montrer que si la largeur éclairée du réseau est  $L$ , la demi-largeur au pied d'un maximum principal d'ordre  $k$  a pour expression :

$$d i' = \frac{\lambda}{L \cos i_k'}$$

(On rappelle qu'il existe  $N-1$  minima secondaires entre deux maxima principaux consécutifs,  $N$  étant le nombre total de traits du réseau.)

4.2 Quelle doit être la valeur de  $i_k'$  pour que la raie  $\lambda$  dans l'ordre  $k$  soit la plus fine possible. Justifier l'expression "spectre normal".

#### 5 Utilisation du spectre normal d'ordre 3

Le réseau est éclairé par de la lumière issue d'une lampe à vapeur de sodium. La largeur utile du réseau utilisé  $L = 20,0$  mm. Il est utilisé de telle sorte que l'on ait un maximum principal d'ordre 3 pour la raie  $\lambda_1 = 589,0$  nm, dans la direction  $i_3' = 0$  (spectre normal).

5.1 Quel est l'angle d'incidence de la lumière sur le réseau ?

5.2 Le spectre d'ordre 3 n'est pas isolé en lumière blanche. On risque donc de trouver éventuellement d'autres raies appartenant au spectre visible du sodium superposées à la raie  $\lambda_1$ . Quelles seraient leurs longueurs d'onde ?

5.3 Que proposez vous pour les éliminer ?

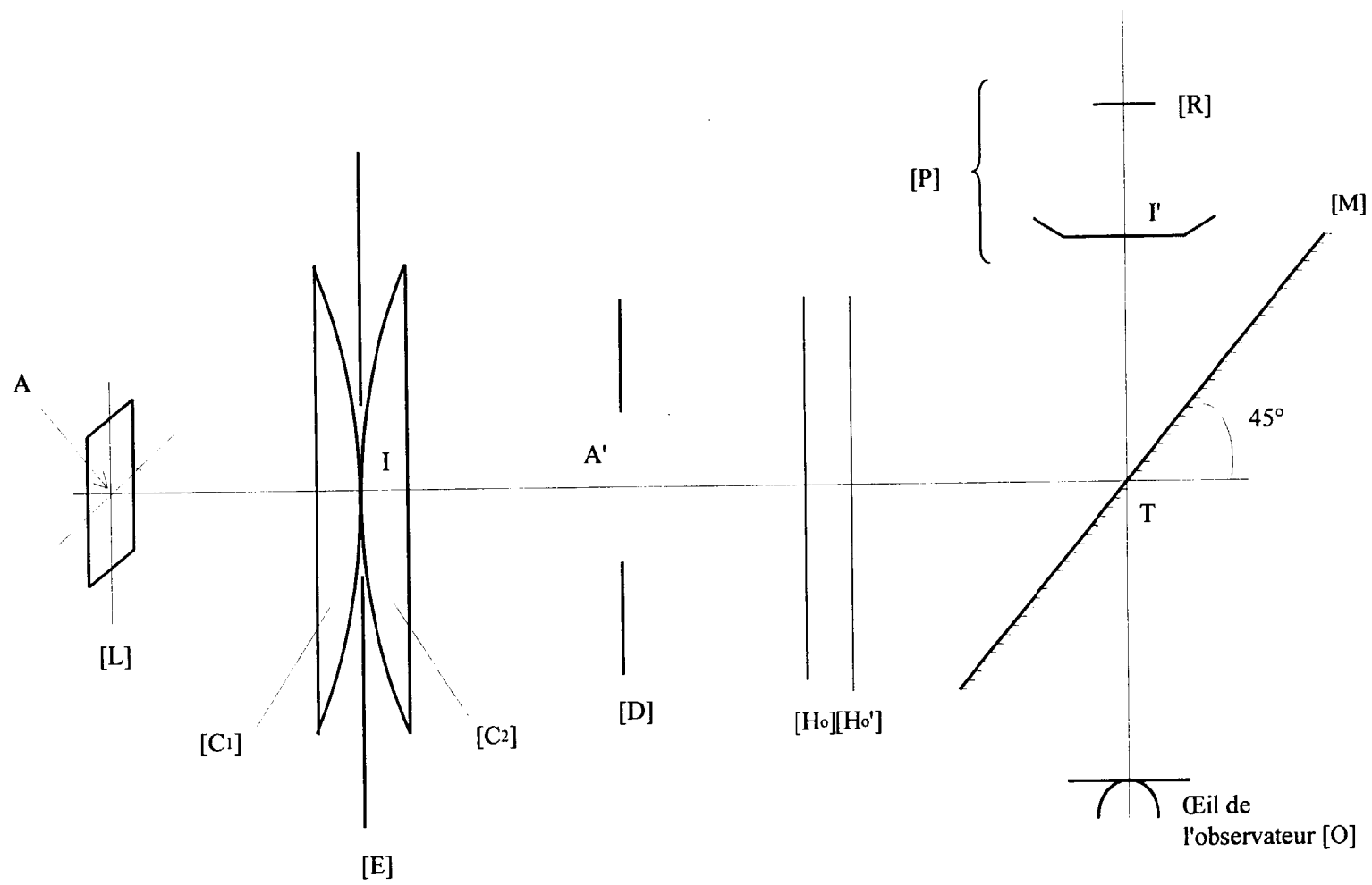


Figure 2