

# BTS OPTICIEN LUNETIER

## OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE ET PHYSIQUE – U. 42

SESSION 2010

—  
Durée : 2 heures

Coefficient : 3  
—

**Matériel autorisé :**

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (circulaire n°99-186, 16/11/1999).

**Document à rendre avec la copie :**

- Feuille de papier millimétré

Dès que le sujet est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet comporte 5 pages, numérotées de 1/5 à 5/5.

BTS OPTICIEN LUNETIER		Session 2010
Optique géométrique et physique – U. 42	OLOGH	Page : 1/5

# OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

Un téléobjectif est un objectif photographique de longue focale permettant d'effectuer des prises de vues d'objets éloignés.

On considère un téléobjectif de distance focale  $f' = 320$  mm assimilé à un doublet de symbole  $(8, 5, -4)$  constitué de deux lentilles minces  $L_1$  et  $L_2$  de centres optiques respectifs  $O_1$  et  $O_2$ .

Un diaphragme à iris  $D$  permettant de régler l'ouverture du téléobjectif est placé entre  $L_1$  et  $L_2$ , à 40 mm de  $L_1$  ( $\overline{O_1D} = 40$  mm).

Le téléobjectif est fixé sur un appareil photographique numérique muni d'un capteur CCD plein format de 12 mégapixels et de taille 24 mm  $\times$  36 mm.

Lorsque la mise au point est effectuée sur un objet éloigné  $AB$ , l'image définitive  $A'B'$  se trouve dans le plan du capteur CCD.

## I. – Étude du téléobjectif

I.1 – Calculer le paramètre  $a$  du doublet. En déduire les distances focales  $f'_1$  et  $f'_2$  de  $L_1$  et  $L_2$  ainsi que la distance  $e = \overline{O_1O_2}$ .

I.2 – Calculer les positions des éléments cardinaux images  $H'$  et  $F'$  du téléobjectif par rapport au centre optique  $O_2$ . En déduire l'encombrement total  $\overline{O_1F'}$  du téléobjectif.

Quel est l'avantage de ce dispositif par rapport à un objectif mince de même distance focale ?

## II. – Prise de vue d'un objet éloigné

On veut prendre en photo un immeuble  $AB$  de 30 m de haut, situé à 1 km de  $L_1$ . On suppose que la mise au point est effectuée sur l'objet  $AB$  considéré comme étant à l'infini. On désigne par  $A_1B_1$  et  $A'B'$  les images successives de  $AB$  à travers le téléobjectif.

II.1 – À l'aide d'un schéma de principe, déterminer la taille algébrique  $\overline{A_1B_1}$  de l'image intermédiaire de l'objet  $AB$ .

II.2 – Déterminer le grandissement transversal  $\gamma_2$  de la lentille  $L_2$  dans les conditions d'utilisation. En déduire la taille algébrique  $\overline{A'B'}$  de l'image définitive sur le capteur CCD.

BTS OPTICIEN LUNETIER		Session 2010
Optique géométrique et physique – U. 42	OLOGH	Page : 2/5

### III. – Étude des champs

On considère toujours que la mise au point est effectuée sur un objet AB à l'infini. On suppose que la lentille  $L_1$  a un diamètre suffisamment grand pour ne pas limiter le faisceau. Dans ces conditions, le diaphragme à iris D est diaphragme d'ouverture et la monture de la lentille  $L_2$  de diamètre  $\Phi_2 = 16$  mm est diaphragme de champ.

On suppose que le téléobjectif est ouvert à  $f / 11$  (nombre d'ouverture égal à 11).

**III.1** – Calculer  $\Phi_{pe}$  le diamètre de la pupille d'entrée du téléobjectif. En déduire  $\Phi_D$  le diamètre du diaphragme à iris D.

**III.2** – Dans l'espace intermédiaire, calculer le diamètre  $\Phi_{PLi}$  du champ de pleine lumière. On justifiera les calculs par un schéma.

**III.3** – a. Calculer le diamètre apparent du champ de pleine lumière objet.

b. Calculer le champ de pleine lumière image.

c. Comparer le champ de pleine lumière image au format du capteur CCD et conclure.

**III.4** – Tracer sur une **feuille de papier millimétré (à rendre avec la copie)** la marche d'un faisceau lumineux issu du bord du champ de pleine lumière objet à travers le téléobjectif. On prendra une échelle axiale de 1 et une échelle transversale de 2.

### IV – Limite de résolution

Le téléobjectif est toujours ouvert à  $f / 11$ . On suppose par ailleurs que le capteur CCD de 12 mégapixels permet d'enregistrer des photos de résolution  $2832 \times 4256$  pixels au format  $24$  mm  $\times$   $36$  mm. La longueur d'onde moyenne de la lumière utilisée est  $\lambda = 550$  nm.

**IV.1** – Déterminer la limite de résolution de l'appareil photographique muni du téléobjectif dans l'espace image. En déduire la taille du plus petit détail discernable sur l'immeuble AB considéré dans la partie II.

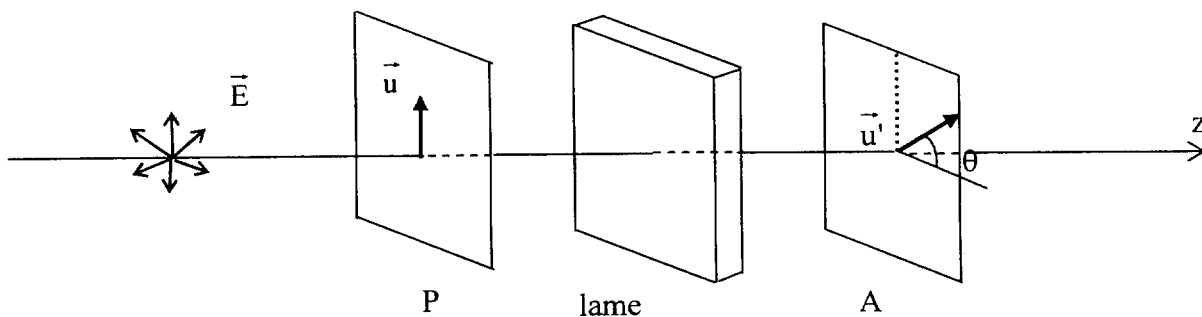
**IV.2** – Qu'observe-t-on si on augmente le nombre d'ouverture ?

BTS OPTICIEN LUNETIER		Session 2010
Optique géométrique et physique – U. 42	OLOGH	Page : 3/5

## OPTIQUE PHYSIQUE

Un faisceau cylindrique de lumière naturelle, parallèle et monochromatique, d'intensité  $I_0$ , frappe sous incidence normale une lame à faces parallèles de plexiglas d'épaisseur  $e = 8 \text{ mm}$ , placée entre deux polariseurs P et A.

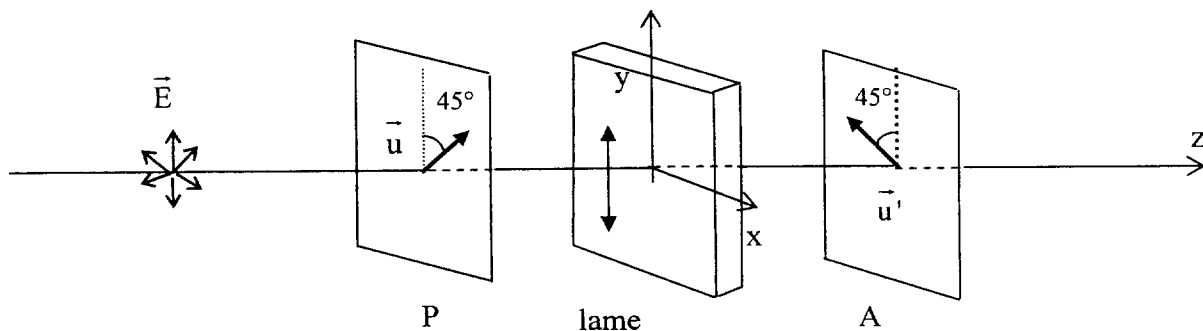
**I** – La lame est isotrope. L'axe du polariseur P étant vertical, on fait tourner l'analyseur A (cf. **figure 1 ci-dessous**). Sachant que la lame ne modifie pas la vibration, donner l'expression de l'intensité à la sortie du montage en fonction de  $I_0$ , intensité de la lumière naturelle incidente et de l'angle  $\theta$  que fait l'axe de l'analyseur avec l'horizontale. Pour quelle valeur de  $\theta$  observe-t-on une intensité maximale en sortie ? Pour quelle valeur de  $\theta$  observe-t-on une extinction ?



**Figure 1**

**II** – Si on exerce sur cette lame des contraintes, par exemple une compression verticale uniforme, elle se comporte comme une lame biréfringente uniaxe, d'axe vertical. La biréfringence induite  $\Delta n$  est proportionnelle à ces contraintes. On suppose donc maintenant que la lame s'est transformée en une lame biréfringente d'épaisseur inchangée et d'axe vertical. Les polariseurs P et A sont croisés. L'axe du polariseur fait un angle de  $45^\circ$  avec la verticale (**figure 2 ci-dessous**).

On éclaire l'ensemble par un faisceau parallèle de lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda_0$ . Suite aux contraintes exercées, la lame est maintenant supposée être une lame quart d'onde pour la radiation de longueur d'onde  $\lambda_0 = 589 \text{ nm}$ .



**Figure 2**

BTS OPTICIEN LUNETIER		Session 2010
Optique géométrique et physique – U. 42	OLOGH	Page : 4/5

**II.1** – Que représentent l'axe horizontal et l'axe vertical pour la lame biréfringente ?

**II.2** – Calculer  $\Delta n$  la biréfringence induite pour que la différence de marche entre les vibrations que transmet la lame pour la radiation de longueur d'onde  $\lambda_0 = 589 \text{ nm}$  soit  $\delta = \frac{\lambda_0}{4}$  en incidence normale.

**II.3** – Déterminer les composantes du champ électrique associé à la vibration arrivant sur la lame dans le système d'axes (Ox, Oy).

**II.4** – Déterminer les composantes du champ électrique associé à la vibration sortant de la lame.

**II.5** – Quelle est la nature de la vibration transmise par la lame ?

**II.6** – Calculer l'intensité I à la sortie de l'analyseur en fonction de  $I_0$ .

**II.7** – Que se passe-t-il si on tourne l'axe de l'analyseur, le polariseur restant fixe ?

<b>BTS OPTICIEN LUNETIER</b>		<b>Session 2010</b>
<b>Optique géométrique et physique – U. 42</b>	<b>OLOGH</b>	<b>Page : 5/5</b>