

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

GENIE OPTIQUE

option OPTIQUE INSTRUMENTALE

Epreuve de PHYSIQUE APPLIQUEE

Sous-épreuve U42 : PHYSIQUE

Durée 2 heures 30

coefficient 2,5

*Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte : 7 pages numérotées de 1/7 à 7/7.*

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

CALCULATRICE AUTORISÉE

Sont autorisées 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'imprimantes.

Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.

Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

GENIE OPTIQUE

option OPTIQUE INSTRUMENTALE

Epreuve de PHYSIQUE APPLIQUEE

Sous-épreuve U42 : PHYSIQUE

Durée 2 heures 30

coefficient 2,5

*Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte : 7 pages numérotées de 1/7 à 7/7.*

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

CALCULATRICE AUTORISÉE

Sont autorisées 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'imprimantes.

Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.

Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.

*Ce problème comporte deux parties comportant chacune deux exercices.
Les quatre exercices sont indépendants et peuvent être traités dans n'importe quel ordre.*

Optique géométrique (sur 13 points)

I. Étude d'une loupe utilisée avec un œil normal

Une lentille mince de vergence $V = 20 \delta$ est utilisée comme une loupe.

Un œil emmétrope est placé au foyer image de cette lentille. Sa distance minimale de vision distincte (punctum proximum P.P.) est de 25cm ; son punctum remotum (P.R.) est à l'infini.

L'œil observe l'image d'un objet transverse caractérisé par sa grandeur $AB = 2 \text{ mm}$. Le point A est sur l'axe optique.

1. Dans cette question, on considère que l'œil n'accommode pas.

1.1. Où doit-on placer l'objet AB ?

1.2. Placer sur un schéma l'objet AB, puis tracer la marche des rayons lumineux issus de B vers le point image B'.

2. Dans cette question, on considère que l'œil accommode à la distance minimale de vision distincte.

2.1. Où doit-on placer l'objet AB ?

2.2. Quelle est la grandeur A'B' de son image ?

2.3. Déterminer le grossissement G de la loupe pour cette utilisation.

3. La latitude de mise au point est la distance D entre les deux positions de l'objet correspondant à une accommodation au punctum proximum puis au punctum remotum. Quelle est la valeur de la latitude de mise au point ?

II. Étude d'un viseur

Ce viseur est constitué :

- a. d'un objectif convergent (L_1), supposé mince, de grandissement transversal $\gamma = -2,5$. Le diamètre d_1 de la monture de cet objectif a pour valeur 20,0 mm,
- b. d'un oculaire, doublet de symbole (3,2,3), de distance focale $f'_{oc} = 25,0 \text{ mm}$. Ce doublet est constitué de deux lentilles minces L_2 et L_3 . Le verre de champ (lentille L_2) a une monture de diamètre $d_2 = 12,0 \text{ mm}$, le verre d'œil (lentille L_3) a une monture de diamètre d_3 . L'intervalle optique Δ est la distance entre le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire. Il a pour valeur $\Delta = 120 \text{ mm}$.

L'observateur est emmétrope et n'accommode pas.

1. Étude de l'oculaire

- 1.1. Déterminer les vergences V_2 de la lentille mince L_2 et V_3 de la lentille mince L_3 .
- 1.2. Quelle est la valeur de la distance e qui sépare ces deux lentilles ?
- 1.3. Où se trouve le plan objet de l'oculaire pour cet observateur ?
- 1.4. Déterminer la position des plans principaux de cet oculaire,
- 1.5. Calculer la distance frontale de cet oculaire

2. Étude de l'association objectif - oculaire

- 2.1. Faire un schéma de principe du viseur. Exprimer, en fonction de la distance focale f'_{ob} de l'objectif, la distance "objectif - foyer objet de l'oculaire", puis la distance "objectif - plan objet du viseur".
- 2.2. Déterminer la distance focale f'_{ob} de l'objectif.

Dans la suite de cet exercice, on prendra pour valeur de la distance focale de l'objectif :

$$f'_{ob} = 48,0 \text{ mm.}$$

- 2.3. Déterminer la position du plan objet pour le viseur (distance objet - objectif), et la distance entre l'objectif (L_1) et le verre de champ de l'oculaire (lentille L_2).

3. Détermination des champs

La monture de l'objectif joue le rôle de diaphragme d'ouverture. La monture du verre de champ joue le rôle de diaphragme de champ.

Le verre d'œil a un diamètre d_3 suffisant pour ne pas limiter le champ.

Utiliser le schéma de l'annexe 1 (à rendre avec votre copie) pour déterminer, par la méthode de votre choix, le champ de pleine lumière dans l'espace entre L_1 et L_2 .

En déduire le champ de pleine lumière objet du viseur.

Optique physique (sur 7 points)

On se propose de déterminer l'indice de réfraction de l'air par deux méthodes interférométriques différentes.

On utilise successivement un dispositif à division du front d'onde, les fentes de Young, et un dispositif à division d'amplitude, l'interféromètre de Michelson.

III. Mesure de l'indice de l'air ambiant avec des fentes d'Young

Données numériques :

$$\lambda = 632,8 \text{ nm}$$

$$\ell = 20,00 \text{ cm}$$

$$Z = 88$$

1. Les fentes d'Young

Dans ce dispositif (figure 1. de l'annexe 2), une fente fine S, éclairée par une lumière monochromatique de longueur d'onde λ , est placée à égale distance de deux fentes fines S_1 et S_2 , parallèles entre elles et à la fente S percée dans un écran (e). Les fentes S_1 et S_2 sont distantes de $a = 1,00 \text{ mm}$. Un écran (E) parallèle à (e) est situé à $D = 2,00 \text{ m}$ de ce dernier.

1.1. Au voisinage de O sur l'écran (E), on observe des franges rectilignes et parallèles aux fentes. On a représenté (figure 1 de l'annexe 2) deux trajets suivis par la lumière entre S et O.

Calculer la valeur de la différence de marche entre ces deux trajets.

Déduire du résultat obtenu la nature de la frange centrale.

1.2. Calculer la valeur de l'interfrange.

2. Mesure de l'indice de l'air

On introduit sur le trajet du faisceau issu de S_1 un tube (T) fermé par deux lames de verre planes parallèles A et B, dont les dimensions sont telles qu'elles soient aussi traversées par les rayons provenant de S_2 (figure 2 de l'annexe 2).

2.1. Le tube étant en communication avec l'extérieur, qu'observe-t-on sur l'écran ?

2.2. On fait le vide dans le tube. Que devient le système de franges précédent ?

2.3. Quand on fait le vide dans le tube de longueur ℓ , on voit défiler pendant le pompage Z franges brillantes au centre O de la figure d'interférences et, l'opération terminée, on observe en ce point une frange sombre.

2.3.a. Établir l'expression de l'indice n de réfraction de l'air, dans les conditions de l'expérience, en fonction de Z , ℓ et λ .

2.3.b. Calculer la valeur de l'indice n .

IV. Mesure de l'indice de l'air ambiant avec un interféromètre de Michelson

Données numériques :

$$\lambda = 632,8 \text{ nm}$$

$$e = 5,00 \text{ cm}$$

$$N = 42$$

1. L'Interféromètre de Michelson

Un interféromètre de Michelson (schéma de l'annexe 3) est constitué :

- d'une lame séparatrice (S) semi-réfléchissante et non absorbante dont les facteurs de transmission et de réflexion en intensité sont égaux à 0,5,
- d'une lame compensatrice (C), identique à (S) mais non traitée.
- de deux miroirs plans (M_1) et (M_2) orthogonaux.

La source lumineuse est monochromatique de longueur d'onde λ .

1.1. Expliquer le rôle de la lame compensatrice.

1.2. Quelle est la fraction de l'énergie incidente I_0 transportée par chacun des deux rayons émergent de l'interféromètre ? Justifier votre réponse.

1.3. Lorsque les miroirs M_1 et M_2 sont orthogonaux et situés à égale distance de A, les trajets 1 et 2 sont rigoureusement identiques.
Comment doit-on déplacer le miroir M_1 pour régler l'interféromètre en lame d'air ?

1.4. L'interféromètre est réglé en lame d'air, quelle est la forme des franges d'égale inclinaison (franges de Haidinger) ? Où sont elles localisées ?

2. Mesure de l'indice de l'air

L'interféromètre est alors réglé de façon à être équivalent à une lame d'air à faces parallèles. On dispose perpendiculairement à l'un des faisceaux une chambre à vide d'épaisseur constante e . La différence de chemin géométrique entre les deux trajets est constante mais la différence de chemin optique est modifiée lorsqu'on fait le vide dans la chambre ou lorsqu'on laisse l'air y pénétrer.

2.1. La chambre est initialement vide. Exprimer la variation $\Delta\delta$ de la différence de chemin optique quand on remplit la chambre d'air, en fonction de l'épaisseur e et de l'indice de l'air n .

2.2. On compte le nombre N de franges brillantes qui défilent au centre de la figure d'interférence pendant que l'on remplit la chambre d'air. Exprimer l'indice de l'air n en fonction de N , e , et λ .

2.3. Un système d'enregistrement permet de compter le nombre N de franges brillantes qui défilent.
Déduire de la valeur de N , celle de l'indice de réfraction de l'air ambiant dans le laboratoire au moment de l'expérience.

Examen ou concours :

Série* :

Spécialité/option :

Repère de l'épreuve :

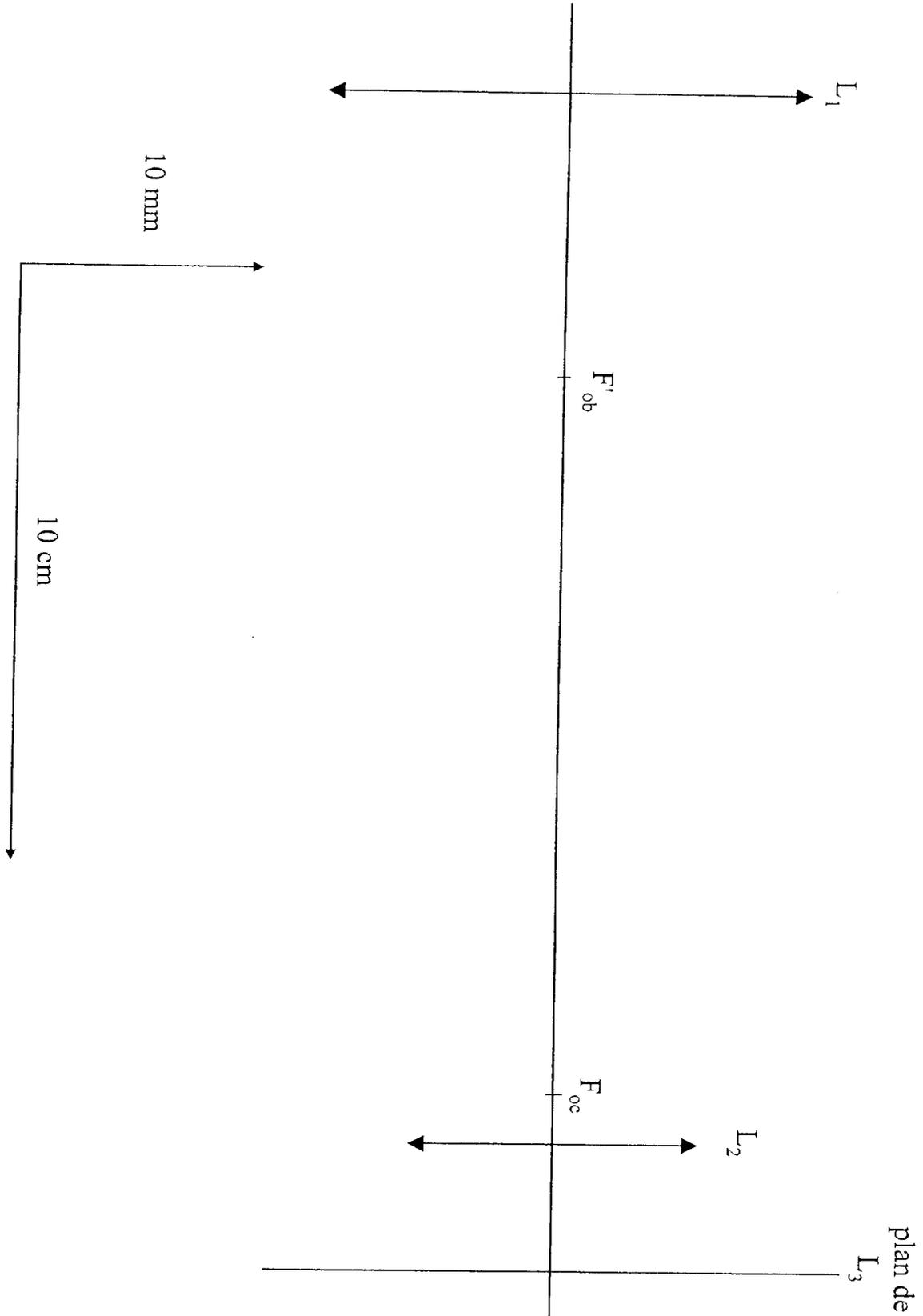
Épreuve/sous-épreuve :

(Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.

ANNEXE 1 (à rendre avec la copie)

GOPHY-C



ANNEXE 2

Figure 1

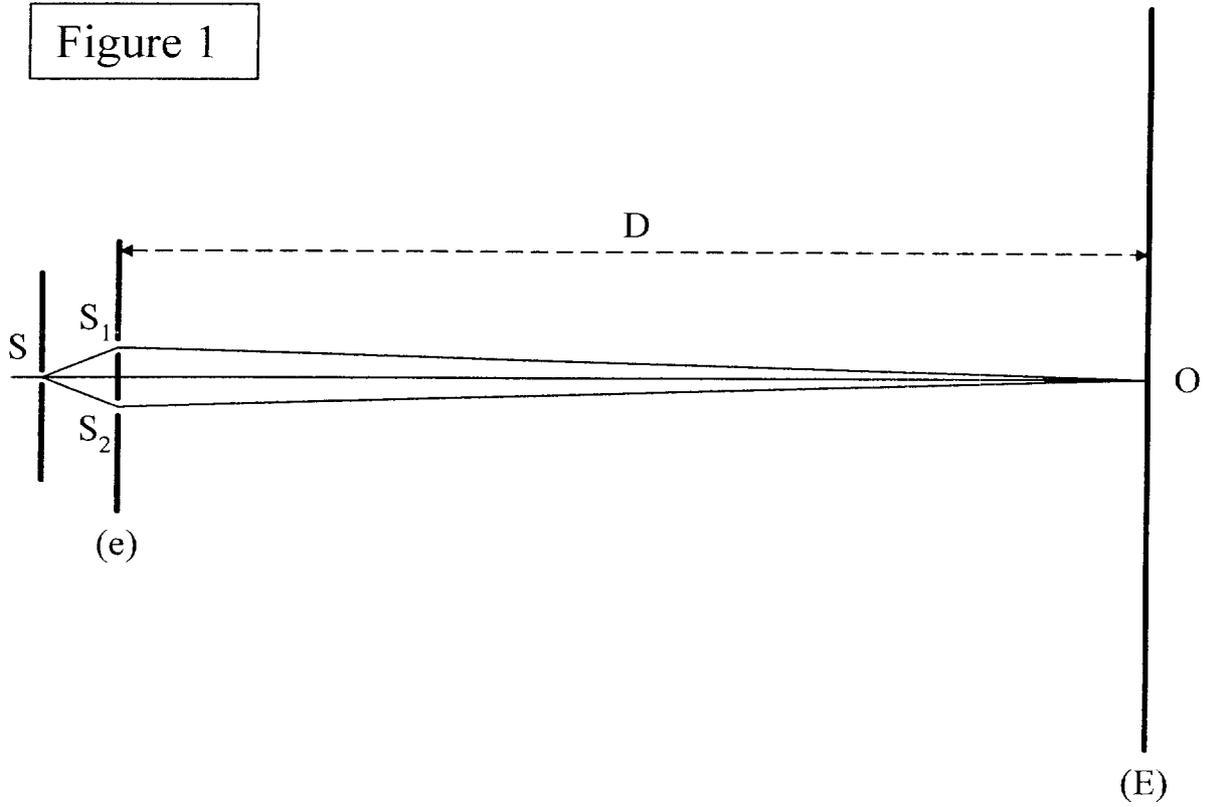
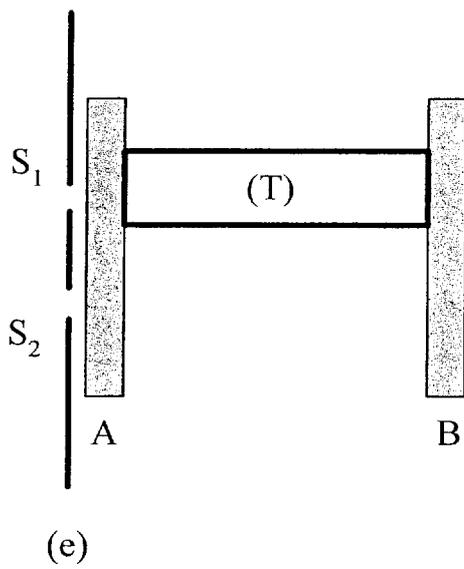
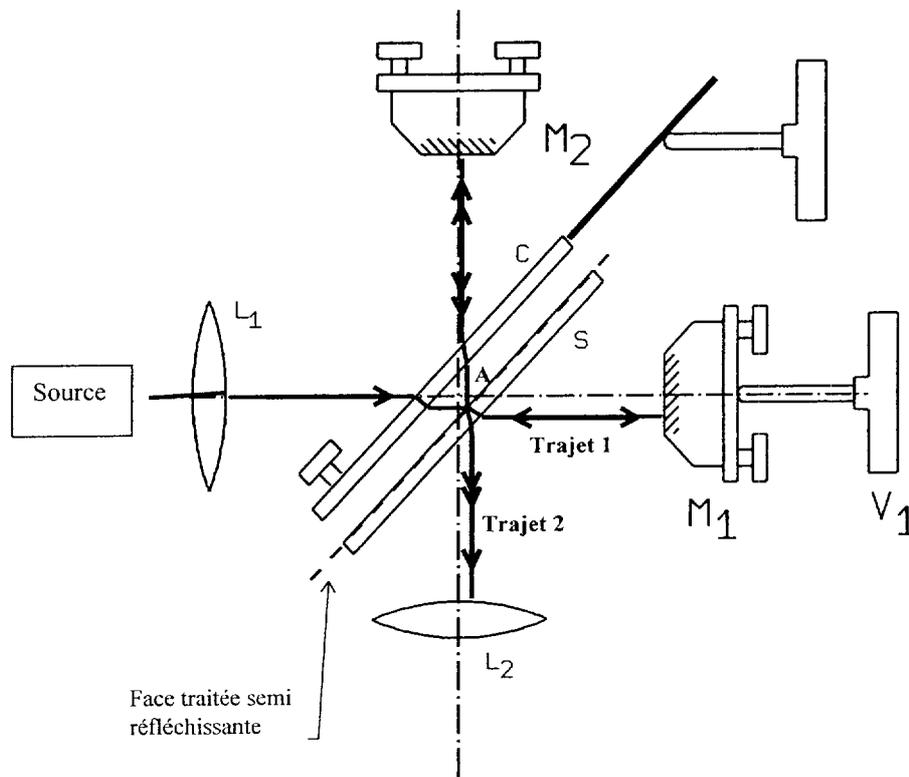


Figure 2

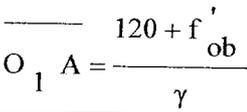


ANNEXE 3



Barème sur 20

I. Étude d'une Loupe utilisée avec un œil normal		Sur 3,5
1.1.	Dans le plan focal objet	0,25
1.2.		0,5
2.1.	$OA = -40 \text{ mm}$	1,5
2.2.	$A'B' = 10 \text{ mm}$	0,25
2.3.	$G = 1,8$	0,75
3.	$D = 1 \text{ cm}$	0,25

II. Étude d'un viseur		Sur 9,5
1.1.	En utilisant la formule de Gullstrand, on obtient $V_1 = V_2 = 30 \delta$	1,75
1.2.	$e = 22,2 \text{ mm}$	0,25
1.3.	L'œil n'accommodant pas, l'image donnée par l'oculaire est à l'infini. L'objet est donc dans le plan focal objet de l'oculaire.	0,5
1.4.	$O_3H' = -16,7 \text{ mm}$ et $O_2H = 16,7 \text{ mm}$	1
1.5.	Avec $f_{oc} = 25 \text{ mm}$ on obtient $O_2F_{oc} = -8,3 \text{ mm}$. La distance frontale a pour valeur $8,3 \text{ mm}$	1
2.1.	Schéma de principe $O_1F_{oc} = 120 + f_{ob}$  $O_1 A = \frac{120 + f'_{ob}}{\gamma}$	1,5
2.2.	La relation de conjugaison qui relie les positions de A et F_{oc} conduit à : $f_{ob} = 48,0 \text{ mm}$	1
2.3.	$O_1A = -67,2 \text{ mm}$ $O_1O_2 = 48 + 120 + 8,3 = 176,3 \text{ mm}$	1
3.	Le schéma de l'annexe 1 permet de déterminer le champ de pleine lumière dans le plan de l'image de l'objet à travers l'objectif. La valeur mesurée pour son diamètre est $10,5 \text{ mm}$ Le grandissement de l'objectif permet de calculer la valeur du diamètre du champ de pleine lumière objet soit $4,2 \text{ mm}$	1,5

III. Mesure de l'indice de l'air ambiant avec des fentes d'Young		Sur 3,5
1.1.	$\delta = 0$, la frange centrale est brillante	0,5
1.2.	$i = 1,27 \text{ mm}$	0,5
2.1.	Aucune modification de la figure d'interfranges	0,5
2.2.	Translation du système de franges vers le bas de l'écran	0,5
2.3.a.	$n = 1 + \lambda (Z + 0,5) / \ell$	1
2.3.b.	$n = 1,00028$	0,5

IV. Mesure de l'indice de l'air ambiant avec un interféromètre de Michelson		Sur 3,5
1.1.	Elle introduit un chemin optique égal à celui correspondant à la lame semi-réfléchissante.	0,5
1.2.	$I_0 / 4$	0,5
1.3.	Translation de M_1	0,5
1.4.	Anneaux localisés à l'infini	0,5
2.1.	$\Delta\delta = 2 (n - 1) e$	0,5
2.2.	$n = 1 + N\lambda / 2^\circ$	0,5
2.3.	$n = 1,00027$	0,5