

## BTS OPTICIEN LUNETIER

# ÉTUDE TECHNIQUE DES SYSTÈMES OPTIQUES – U.43

SESSION 2022

Durée : 2 heures

Coefficient : 3

Matériel autorisé : *L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé.*  
*L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.*

Tout autre matériel est interdit.

**Documents à rendre à la copie :**

- document-réponse RECTO-VERSO .....page 4/4.

**Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.**  
**Le sujet comporte 4 pages numérotées, de 1/4 à 4/4.**

BTS OPTICIEN LUNETIER	Session 2022
ÉTUDE TECHNIQUE DES SYSTÈMES OPTIQUES – U. 43   Code : 22OLETS	Page : 1/4

## Présentation et mise en situation :

Vous commercialisez en magasin des télescopes. Un astronome amateur se présente à vous et semble être intéressé par un télescope de type Schmidt-Cassegrain pour son aspect compact, permettant d'augmenter la luminosité ainsi que la taille apparente des objets à observer. Il souhaite observer des objets célestes (Lune, Planètes, Nébuleuses, galaxies, Amas globulaires, Étoiles...).

Pour conseiller votre client et argumenter quant aux caractéristiques du télescope, nous en étudierons les performances optiques ainsi que des solutions constructives adaptées pour un meilleur fonctionnement.

## Description du télescope de type Schmidt-Cassegrain :

Le télescope Schmidt-Cassegrain est un dispositif optique de type catadioptrique, composé de deux miroirs, un miroir primaire sphérique concave et un miroir secondaire sphérique convexe, ainsi que d'une lentille correctrice asphérique appelée lame de Schmidt. Un oculaire **non réglable** en arrière du télescope permet de réaliser des observations célestes à l'œil.

## Description du télescope par le fabricant :

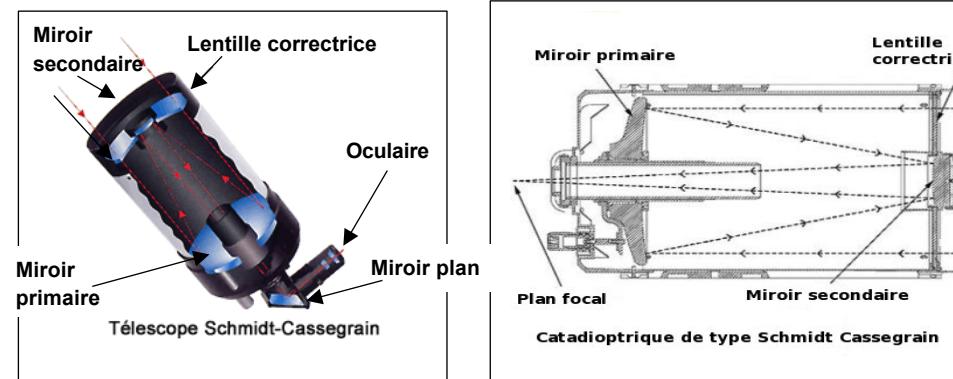
Malgré la grande longueur focale de l'optique Schmidt-Cassegrain, le tube est très court, ce qui en fait un télescope compact extrêmement facile à transporter. Le système est fermé et ne subit pas de turbulences d'air qui risqueraient de dégrader l'image. De plus, il est protégé contre l'entrée de poussières. Le télescope est destiné à des personnes débutant l'astronomie ou déjà confirmées pour l'observation ou photographie d'objets célestes.

## Caractéristiques techniques du tube optique :

Principe optique	Télescope
Type optique	Schmidt-Cassegrain
Diamètre du miroir primaire	203 mm
Longueur focale du télescope $f'_\text{tél}$	2 032 mm
Grandissement de l'ouverture	10
Longueur focale de l'oculaire $f'_\text{oc}$	50 mm
Grossissement de l'oculaire	51x
Lunette de visée	9 x 50 mm
Renvoi coudé à miroir plan (90°)	31.75 mm
Matière tube	Aluminium
Grossissement maxi	480x
Grossissement mini	29x
Magnitude stellaire limite	14
Pouvoir collecteur de lumière (comparé à l'œil humain)	843x
Système de mise au point	Molette Focus
Longueur du tube	432 mm
Poids du tube	6.35 kg

## Constitution et principe de l'appareil :

La lumière issue de l'infini arrive sur la lentille correctrice, puis elle est réfléchie par les deux miroirs sphériques primaire et secondaire. Ce faisceau lumineux traversera le miroir primaire en passant par l'orifice central pour atteindre l'oculaire.



Marche d'un faisceau lumineux à travers le tube optique d'un télescope de Schmidt  
Catadioptrique de type Schmidt Cassegrain

## Lentille correctrice :

La lentille correctrice est utilisée pour corriger l'aberration géométrique dans les télescopes utilisant un miroir primaire sphérique. Elle est placée au niveau du centre de courbure du miroir primaire.

Cette lentille est aussi traitée multicouches, elle garantit des images claires avec peu de reflets.

Pour s'affranchir de l'aberration chromatique la face de la lame de Schmidt est taillée selon une équation de la forme :

$$z_1(r) = \frac{1}{n(\lambda_0)-1} \times \frac{r^4}{4 \times R_p^3}, \quad R_p \text{ rayon du miroir sphérique primaire.}$$

Pour s'affranchir de l'aberration de sphéricité la face de la lame de Schmidt est taillée selon une équation de la forme :

$$z_2(r) = -K \times \frac{r_{max}^2 \times r^2}{R_n^3}, \quad K \text{ une constante positive.}$$



## PRÉAMBULE :

- Les dimensions et caractéristiques du télescope ont été parfois sensiblement modifiés afin d'améliorer la lisibilité graphique mais les résultats obtenus sont conformes à la réalité.
- Les quatre parties (A, B, C et D) peuvent être traitées indépendamment. Les questions à l'intérieur d'une même partie peuvent parfois être indépendantes. Les dimensions, les caractéristiques et les échelles peuvent changer d'une partie à l'autre.
- Les parties A, B et C sont traitées dans les conditions de Gauss.
- Le candidat prendra soin de rendre sa copie lisible et ses constructions suffisamment détaillées pour que le correcteur puisse identifier la démarche proposée.

## PARTIE A - Étude du tube optique - PAGE 4/4 - RECTO Échelles axiale 1:3 et transversale supposée grande

Voir fiche "Miroir Sphérique"

$$F_{S1} \equiv F'S_1$$

Le tube optique est composé d'un miroir sphérique primaire concave  $[M_{S1}]$  de foyers  $F_{S1}$  et  $F'S_1$ , d'un miroir secondaire sphérique convexe  $[M_{S2}]$  et de foyers  $F_{S2}$  et  $F'S_2$ . Seuls les foyers objets sont notés sur les schémas.  
 $F_{S2} \equiv F'S_2$

A1- Compléter la chaîne des conjugués du point objet A sur l'axe dans le cadre QA1, en précisant les éventuelles positions particulières.

A2- Sur l'axe n°1, en vous aidant du rayon n° 1, déterminer le foyer image  $F'_{TO}$  du tube optique. Placer tous les conjugués du point A, et coter la distance  $S_2F'_{TO}$ . échelle

A3- Tracer en vert la marche du faisceau lumineux issu du point objet A et s'appuyant sur les bords **a** et **b** du miroir sphérique primaire  $[M_{S1}]$ . Vous flécherez les rayons lumineux et colorierez le faisceau en vert.

## PARTIE B - Étude des miroirs avec l'oculaire - PAGE 4/4 - RECTO - Échelles axiale 1:3 et transversale supposée grande.

Sur l'axe n°2, on étudie à présent le rôle du miroir plan et de l'oculaire non réglable schématisé par deux lentilles minces convergentes  $[L_1]$  et  $[L_2]$  ainsi que son plan principal objet  $[H_{Oc}]$ .

L'oculaire est réglé pour un œil emmétrope désaccompagné et ses caractéristiques ont été légèrement modifiées pour une meilleure interprétation graphique.

L'observateur pointe à présent un autre objet ponctuel B situé à l'infini hors de l'axe et définie par l'inclinaison du rayon n°2. Il effectue une nouvelle mise au point. Le miroir primaire s'est translaté de 7 mm par rapport au miroir secondaire. La nouvelle position du foyer image  $F'_{TO}$  du tube optique est donnée.

B1- Compléter la chaîne des conjugués du point B à travers tout le système, en précisant les éventuelles positions particulières dans le cadre QB1.

B2- Poursuivre la marche du rayon lumineux n°2 issu de l'objet B jusqu'à la lentille  $[L_1]$ .

B3- En déduire graphiquement  $B'_{S1}$ ,  $B'_{S2}$ ,  $B'_M$ , les conjugués successifs de l'objet B.

B4- Placer  $F_{oc}$  le foyer objet de l'oculaire.

B5- Déterminer graphiquement  $B'_1$  et  $B'_{oc}$  puis terminer la marche du rayon n°2 à travers l'oculaire.

B6- Quel a été le sens et la valeur de variation de la position de  $F'_{TO}$  selon la nouvelle mise au point effectuée ?

B7- Quel est le nom de la pièce sur laquelle doit agir l'observateur pour effectuer la mise au point ?

B8- Quel est le nom de l'élément optique mis en mouvement ? Donner la nature du mouvement utile provoqué.

B9- Quel a été le nombre de tours N nécessaires pour effectuer la nouvelle mise au point ? Répondre dans le cadre QB9.

B10- Dans le tableau, citer le nom des liaisons cinématiques, les mouvement(s) et axe(s) associés.

## SUITE PARTIE B - Étude d'un œil astigmate - PAGE 4/4 - VERSO Échelles axiale 2:1 et transversale 10:1

À présent un autre astronome amateur observe le même objet céleste B hors de l'axe avec la même mise au point. Son œil est astigmate et n'accorde pas. Il est caractérisé par son [PMP] à  $0^\circ$  et son [PMP] à  $90^\circ$ . La profondeur de l'œil sera considérée comme identique dans chaque méridien.

B11- Compléter dans le tableau des conjugués les positions de  $B'_{oc}$  en y précisant d'éventuelles positions particulières.

B12- Déterminer graphiquement les droites conjuguées ( $B'_0$ ) et ( $B'_{90}$ ) dans leur méridien respectif.

B13- Tracer en rouge dans chaque méridien le faisceau issu de  $B'_{oc}$  et couvrant totalement la pupille de sortie de l'œil [Ps]. (J'ai fait en vert)

B14- Tracer en vue de gauche la tache provoquée par ce faisceau lumineux dans le plan de la rétine [R'] de l'astronome.

B15- Dans le tableau QB15, caractériser l'astigmatisme de cet œil en cochant la case correspondante.

B16- Que pouvez-vous conseiller à l'astronome amateur pour avoir une bonne vision du point B ?

## PARTIE C- Étude des champs - page 4/4 - VERSO- Échelles axiale 1:5 et transversale 1:2

On donne le schéma optique du tube télescopique en simplifiant sans nuire à la rigueur les deux miroirs sphériques par deux lentilles minces  $[L_p]$  et  $[L_s]$ , diaphragmées par leurs montures. Les contours du miroir plan ne seront pas pris en compte dans l'étude des champs. L'oculaire est représenté par ses plans principaux

$[H_{oc}]$  et  $[H'_{oc}]$ , ainsi que ses foyers principaux  $F_{oc}$  et  $F'_{oc}$  et son diaphragme de champ  $[Doc]$ . Le télescope est réglé pour un œil emmétrope désaccompagné. A'B'DO

C1- Compléter la chaîne des conjugués du champ de pleine lumière, en précisant d'éventuelles positions particulières.

C2- Positionner le plan des champs dans l'espace de travail entre  $[L_s]$  et l'oculaire. Identifier la pupille  $[Pu]$  du système.

C3- Dans la partie supérieure, déterminer le demi-champ total  $T_2$  et dans la partie inférieure le demi-champ de pleine lumière  $CPL_2$ . Les reporter en vue de gauche. Conclure dans le cadre QC3. (J'ai fait en rose)

C4- Déterminer  $CPL_{oc}$  le conjugué du bord inférieur du demi-champ de pleine lumière  $CPL_2$ . Tracer et colorier en vert le faisceau de pleine ouverture dans l'espace d'étude des champs et l'espace image de l'oculaire.

C5- Dans le cadre QC5, calculer les grossissements du télescope. Les comparer.

On prendra comme valeur angulaire du demi-champ objet  $CPL_0$  :  $\alpha_{CPL_0} = 0,5^\circ$

## PARTIE D - Étude de la lentille correctrice - PAGE 4/4 - VERSO

Les conditions de Gauss ne sont à présent plus respectées.

D1- Cocher l'aberration due à un miroir sphérique ? Répondre dans le cadre QD1.

D2- Pour quelle(s) raison(s) la lentille est-elle associée au miroir primaire ? Répondre dans le cadre QD2.

D3- Cocher l'aberration due à la dispersion de la lentille ? Répondre dans le cadre QD3.

Dans le cas d'une lentille correctrice stigmatique et achromatique, le profil de la lentille peut alors s'en déduire, elle correspond à la somme des deux courbes  $z_1(r)$  et  $z_2(r)$  présentées.

Les trois premiers points de la courbe sont donnés (cadre QD4).

D4- Terminer de construire sur le graphe donné (cadre QD4), le profil  $z(r) = z_1(r) + z_2(r)$  de la lentille correctrice.

D5- Quelle est la géométrie de la lentille ?

D6- Quel est l'ordre de grandeur de la variation maximal de l'épaisseur de la lentille dans le cadre QD6 ?

$161 \times 3 = 483 \text{ mm}$

$\frac{192 \times 3}{1} = 576 \text{ mm}$

Échelle axiale 1:3  
Échelle transversale : grande

Copyright © MaudOptical

- Un rayon parallèle à l'axe ressort en  $F's_1$
- La parallèle à ce rayon rentre en  $FS_2$  et ressort parallèle à l'axe ce qui donne un  $F's_2$

# RECTO

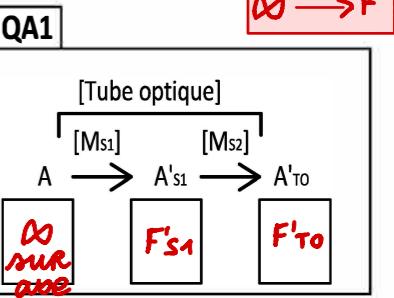
Modèle : ©DNE	NOM : AMELIE (naissance) : (en majuscules)
PRENOM :	(en majuscules)
N° candidat :	
Les numéros figurent sur la convocation	S'il demande à un surveillant :
Né(e) le :	
France - Espagne - Italie - République Française	

@maudoptical

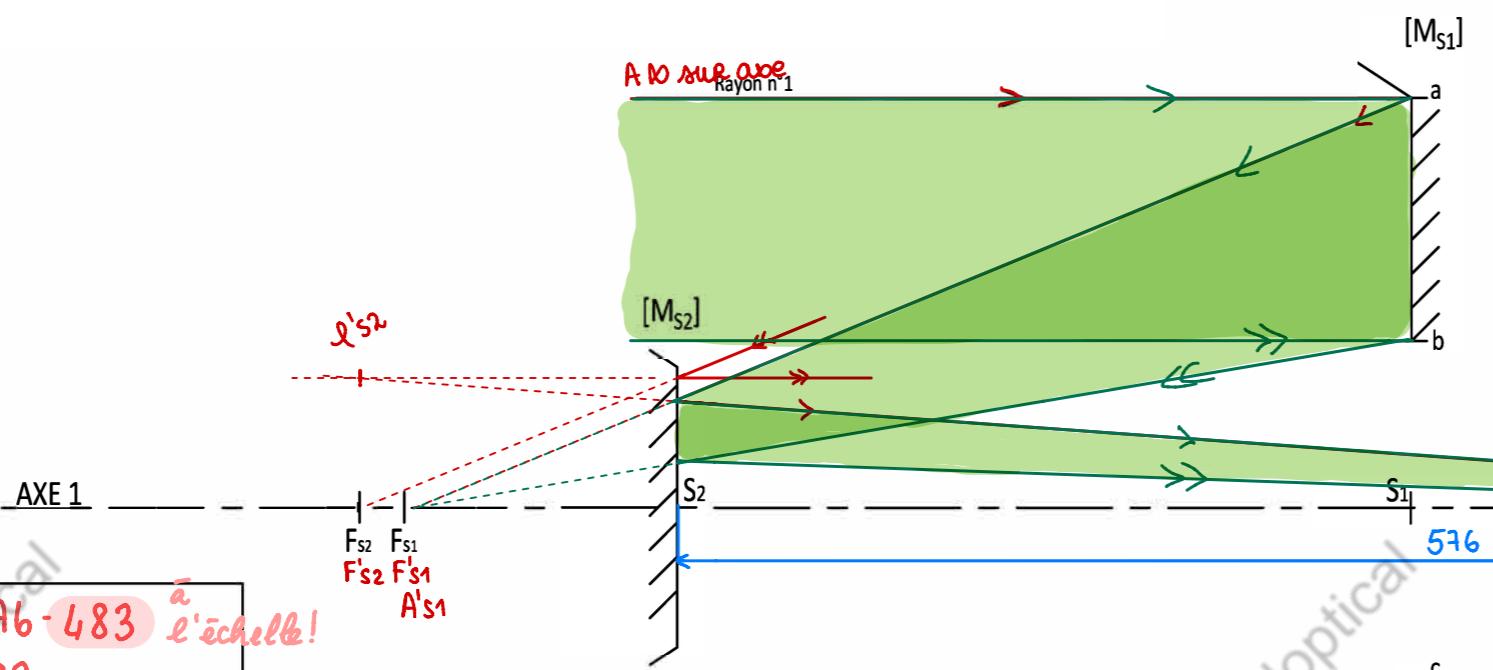
Pas de crochets car  
il n'y a qu'une lettre

$\infty \rightarrow F'$

Fiche  
« chaîne d'images »



Je mesure 192 mm et je mets à l'échelle axiale. On écrit toujours en haut de la flèche et sans unité (voir fiche)



QB6

$$\Delta F'^{TO} = 576 - 483 \text{ à l'échelle!} \\ = 93 \text{ mm}$$

suirant axe: X-

QB9

Nombre de tour(s) : le pas apparent est de 0,5 mm mm pour 2 filets.  
pas =  $0,5 \times 2 = 1 \text{ mm}$

1tour  $\rightarrow 1 \text{ mm}$        $7 \text{ tours} \rightarrow 7 \text{ mm}$

voir filtre

QB7

Nom : La molette focus

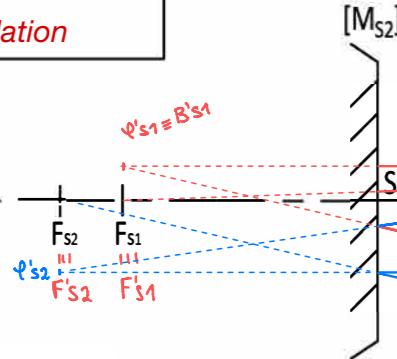
QB8

Nom : Miroir Primaire [ $M_{S1}$ ]  
Mouvement utile : Translation

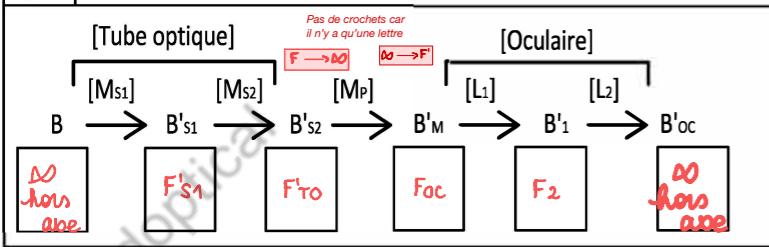
On fait la parallèle à  $B \infty$  qui rentre en  $FS_1$  et qui ressort parallèle à l'axe ce qui nous donne un  $F's_1$  et  $B's_1$ . On rejoint donc le  $F's_1$  à  $B \infty$

X-

AXE 2

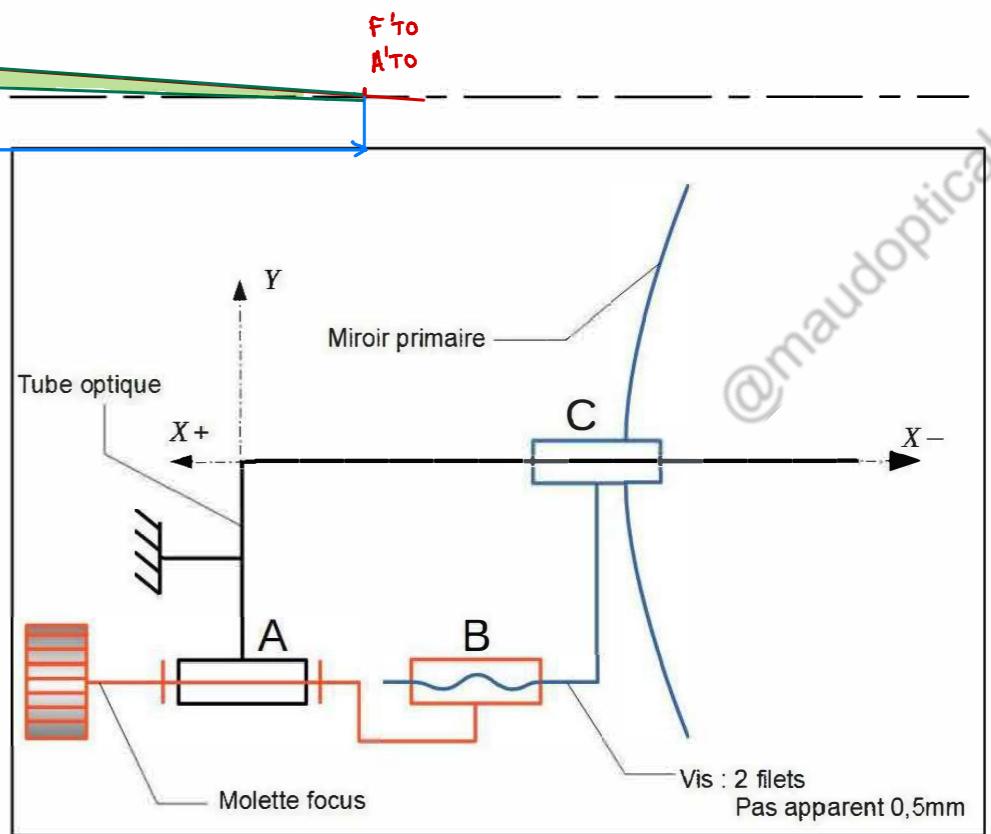
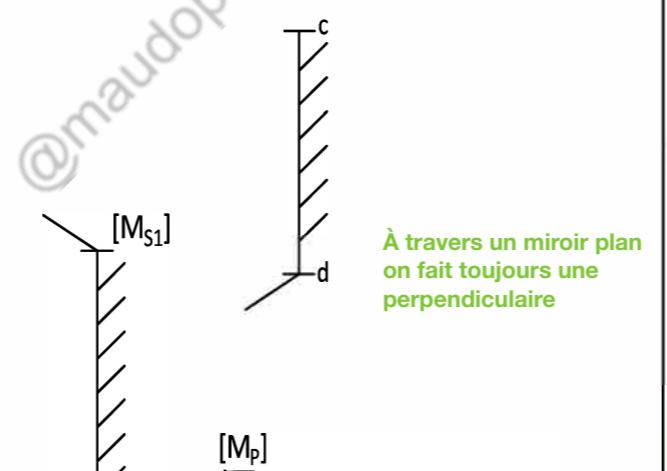


QB1



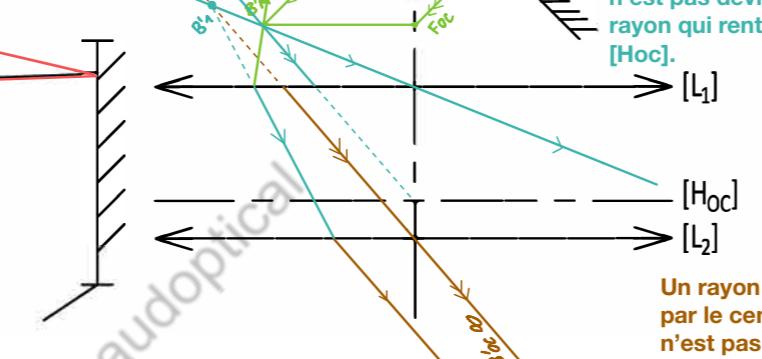
Rays n°2

$B \infty$



QB10

Repère	Liaison	Mouvement/Axe
A	Pivot	Rx
B	Hélicoïdale	Rx et Tx combinées
C	Pivot Glissant	Rx et Tx indépendantes

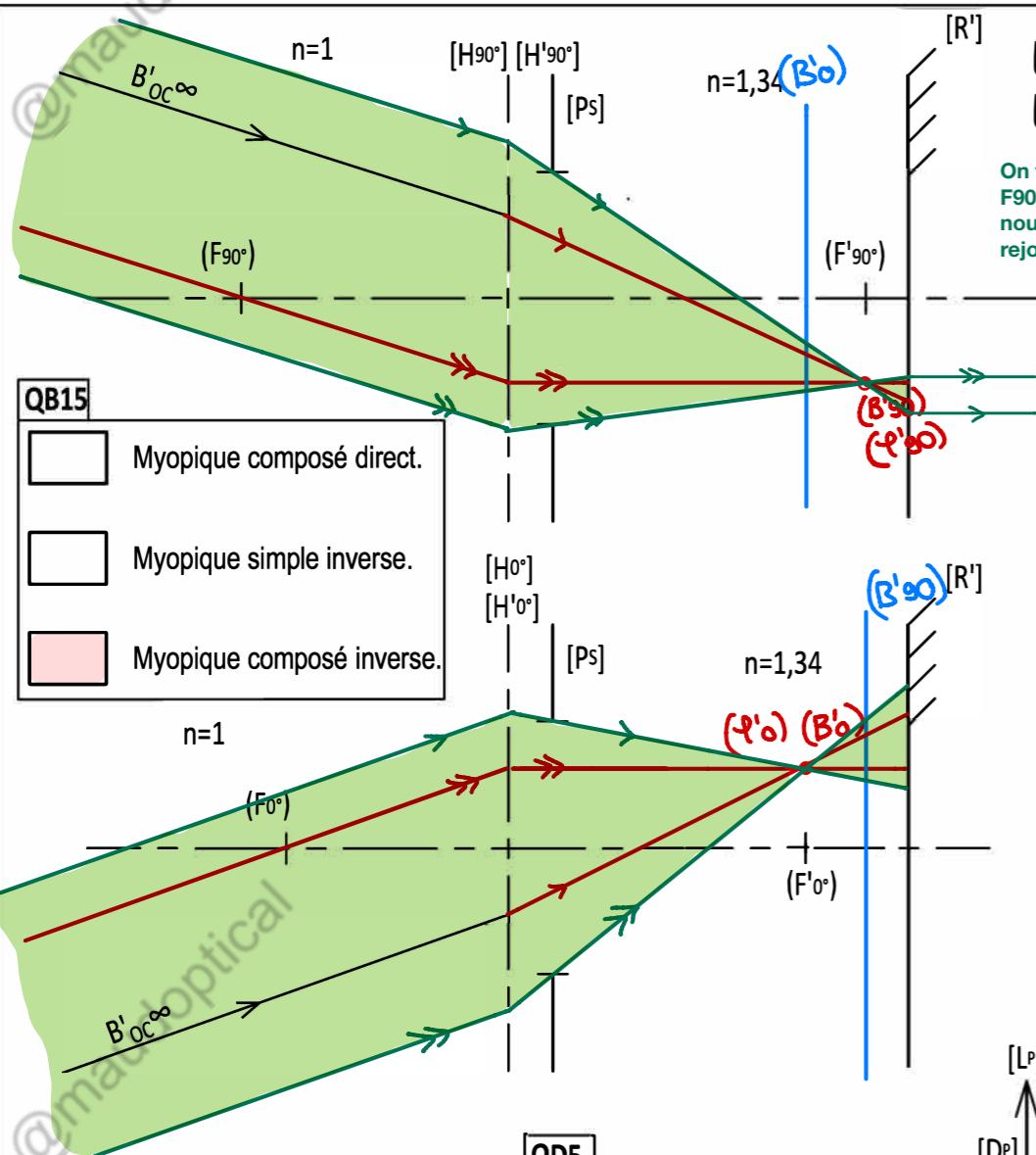


Un rayon qui passe par le centre de  $[L_1]$  n'est pas dévié. Un rayon qui rentre en  $[H_{OC}]$ .

Un rayon qui passe par le centre de  $[L_2]$  n'est pas dévié.

Corrigé proposé par MaudOptical

# VERSO



- QD1**
- Aberrations sphériques
  - Aberrations chromatiques

- QD5**
- Asphérique.
  - Plane.
  - Sphérique.
  - Torique.

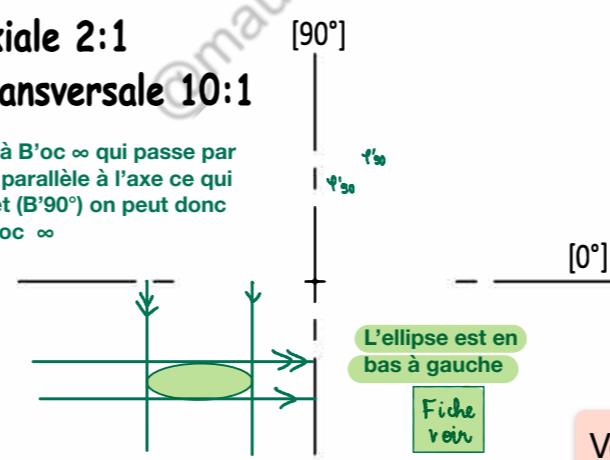
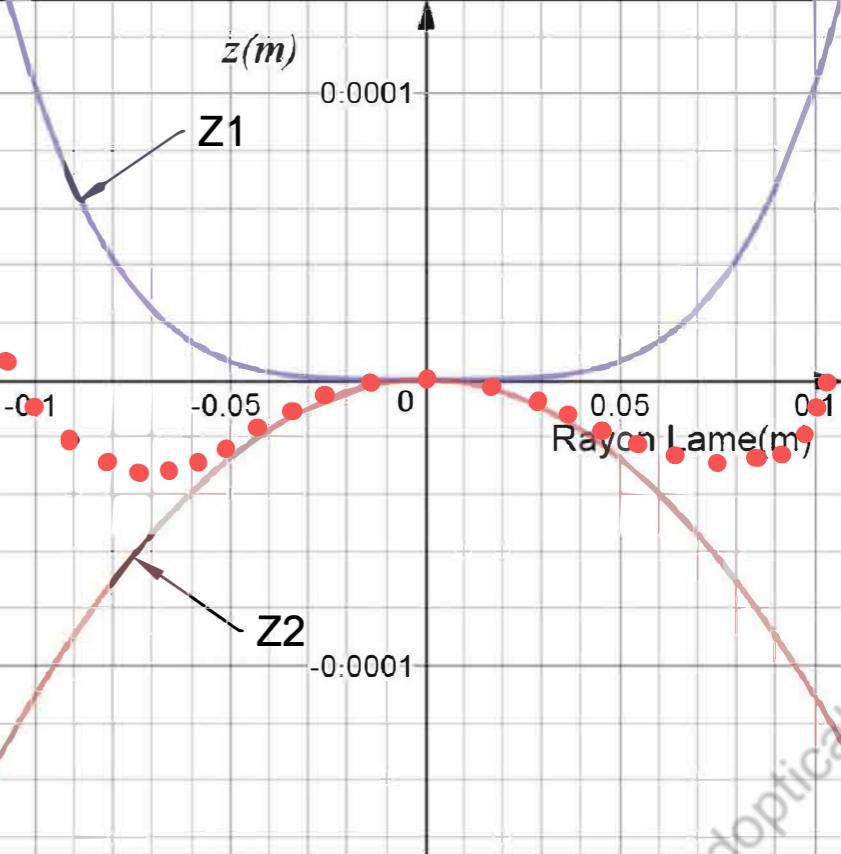
- QD2**
- Raison(s):  
Pour corriger les aberrations de sphéricité

- QD3**
- Aberrations sphériques
  - Aberrations chromatiques

- QD6**
- dm
  - cm
  - μm

## Échelle axiale 2:1 Échelle transversale 10:1

On fait la parallèle à  $B'_{oc\infty}$  qui passe par  $F'_{90^\circ}$  et qui ressort parallèle à l'axe ce qui nous donne un  $\psi_{90^\circ}$  et  $(B'_{90^\circ})$  on peut donc rejoindre le  $\psi_{90^\circ}$  à  $B'_{oc\infty}$

**QD4**

Voir fiche « astigmatisme » pour savoir tracer la tâche de diffusion

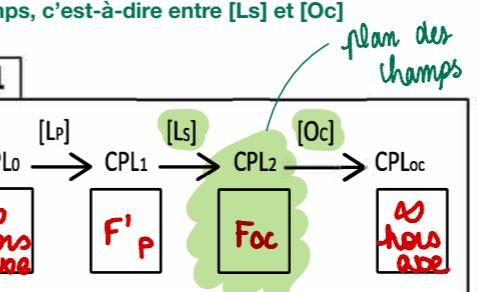
**QB11**

[Eil]		
PMP [0°]	$B'_{oc}$	$(B'_{90^\circ})$
PMP [90°]	$\infty$ hors axe	$(F'_{90^\circ})$
	$\infty$ hors axe	$(F'_{90^\circ})$

**QB16** Il doit porter sa compensation en lunettes ou en lentilles de contact

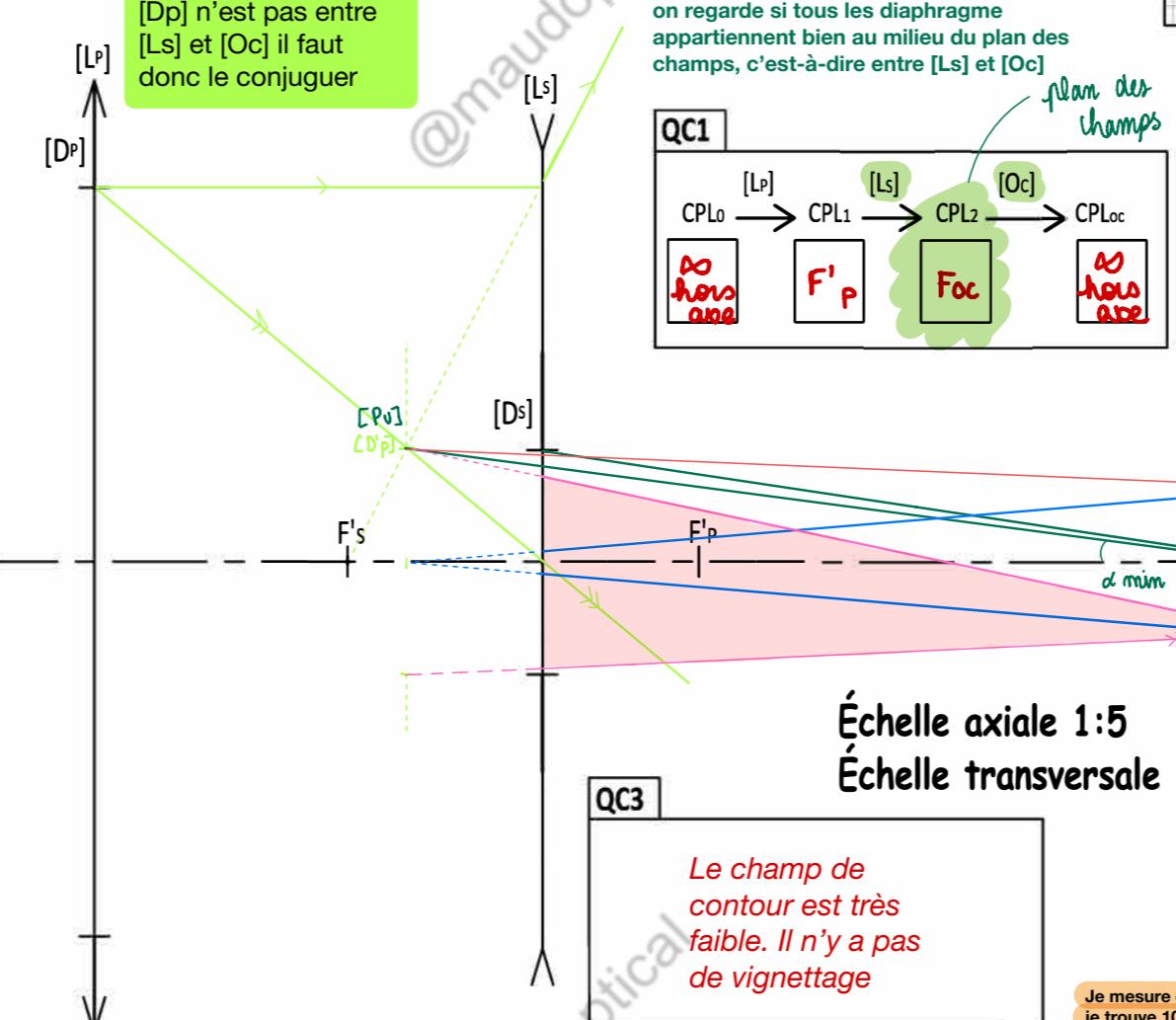
[Dp] n'est pas entre [Ls] et [Oc] il faut donc le conjuguer

Avant de déterminer qui est pupille et lucarne, on regarde si tous les diaphragme appartiennent bien au milieu du plan des champs, c'est-à-dire entre [Ls] et [Oc]

**QC1**

[Pdc] [Hoc] [H'oc]

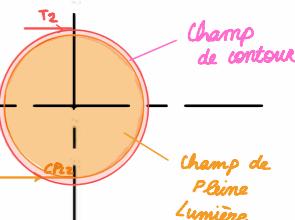
# VUE DE GAUCHE



## Échelle axiale 1:5 Échelle transversale 1:2

Le champ de contour est très faible. Il n'y a pas de vignettage

Je mesure de [H'oc] à F'oc je trouve 10 mm et je mets à l'échelle axiale



$$G = \frac{\tan \alpha^{\circ}_{CPLoc}}{\tan \alpha^{\circ}_{CPLo}} = \frac{0,36}{\tan(0,5)} = 41,3$$

$$G_{Théo} = \frac{f_{téléscope}}{f_{oculaire}} = \frac{2032}{50} = 40,6$$

Corrigé proposé par MaudOptical