

BTS OPTICIEN LUNÉTIER

OPTIQUE GÉOMETRIQUE ET PHYSIQUE-U.42

SESSION 2020

Durée : 2 heures

Coefficient : 3

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

Tout autre matériel est interdit.

Document à rendre avec la copie :

Document réponse-(4 schémas)..... pages 8/9 et 9/9



**Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 9 pages, numérotées de 1/9 à 9/9.**

BTS OPTICIEN LUNETIER		Session : 2020
OPTIQUE GÉOMETRIQUE ET PHYSIQUE - U.42	OLOGPH	Page : 1/9

Le sujet se compose de 4 parties indépendantes.


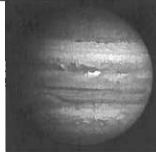
Lunette ou télescope ?

Un client amateur d'astronomie souhaite faire l'acquisition d'un instrument capable de l'aider à observer les objets célestes. Il a sélectionné une lunette et un télescope de prix équivalents et souhaite comparer leurs qualités à l'aide des notices techniques fournies ci-dessous.

Lunette Astromaster 90 1000	Télescope Astrovision 114 1000
<p>Cette Lunette Astromaster à monture équatoriale vous offrira des images lumineuses et claires de la Lune et des planètes du système solaire. Vous découvrirez les quatre satellites Galiléens autour de Jupiter, les phases de Venus ainsi que les anneaux de Saturne.</p> <p>Le montage est très simple et la lunette est très facile d'emploi, idéale pour un astronome amateur.</p>	<p>Léger et compact, il bénéficie d'une robuste monture équatoriale et est livré avec 3 oculaires Plössl, un barlow et un redresseur. Il est équipé d'un miroir de diamètre 114 mm qui collecte 360 fois plus de lumière que l'œil humain. Son pouvoir séparateur lui permet de voir des détails d'environ deux kilomètres sur la Lune, mais aussi de voir Saturne, Jupiter et bien d'autres objets célestes.</p> <p>Son encombrement particulièrement réduit pour une focale de 1000 mm en fait un instrument idéal et évolutif.</p>
	
Caractéristiques	Caractéristiques
Diamètre d'ouverture de l'objectif : 90 mm	Construction optique : Type Newton
Focale : 1000 mm	Diamètre d'ouverture du miroir : 114 mm
Monture : Équatoriale CG-3	Focale : 1000 mm
Ouverture : f/11	Hauteur max : 135 cm
Oculaires : 20 mm (50x), 10 mm (100x)	Ouverture : f/8,8
Limite de résolution : 1,5" d'arc, soit $7,3 \times 10^{-6}$ rad	Oculaires : ... Plössl 6,5 mm, 12,5 mm, 25 mm
Chercheur : Starpointer	Limite de résolution : 1" d'arc, soit 5×10^{-6} rad
	Chercheur coudé : 6x30mm
	Filtre lunaire : oui
	Grossissement avec les oculaires livrés : 150x, 80x, 40x
	Grossissement max : 285x
Poids 7 kg	Poids : 13 kg

Source : www.naturoptic.com

Quelques données astronomiques :

Planète observée	Lune	Jupiter
		
Distance moyenne Terre-Planète (en m)	$3,8 \times 10^8$	$6,3 \times 10^{11}$
Diamètre apparent α (angle sous lequel on voit la planète depuis la Terre) en rad	$9,3 \times 10^{-3}$	$1,8 \times 10^{-4}$

PARTIE 1 : OBSERVATION DE JUPITER AVEC LA LUNETTE ASTRONOMIQUE AFOCALE

La lunette est composée d'un objectif assimilé à une lentille mince convergente L_1 de distance focale image $f'_1 = 1\ 000$ mm et d'un oculaire, assimilé lui aussi à une lentille mince convergente L_2 de distance focale image f'_2 . On choisit l'oculaire 10 mm ($f'_2 = 10$ mm).

On suppose la lunette afocale.

On propose la chaîne des conjugués de l'objet AB :

$$AB \xrightarrow[\infty]{\text{objectif}} A_1B_1 \xrightarrow[\infty]{\text{oculaire}} A'B'$$

1.1. **Préciser** la position de l'image intermédiaire par rapport à L_1 et L_2 .

1.2. **Compléter** le schéma 1 du document-réponse 1 (à rendre avec la copie) en traçant la marche du faisceau issu de B_∞ (placé à l'infini) à travers l'objectif et l'oculaire.

1.3. Grossissement de la lunette

On définit G (en valeur absolue) par la relation : $G = \left| \frac{\tan \alpha'}{\tan \alpha} \right|$

1.3.1. **Définir** ce que représentent α et α' . **Placer** ces deux angles sur le schéma 1 du document-réponse 1.

1.3.2. À l'aide du schéma 1 du document-réponse 1, **établir** la formule donnant le grossissement G en fonction de f'_1 et de f'_2 .

1.3.3. **Vérifier** que, dans les conditions d'utilisation de la lunette, $G = 100$. L'image est-elle droite ou renversée ? **Justifier**.

1.3.4. **Calculer** l'angle $|\alpha'|$ sous lequel l'observateur voit Jupiter à travers la lunette.

1.4. Champs de la lunette

Le diaphragme d'ouverture de l'objectif L_1 est aussi la pupille d'entrée de la lunette. Son diamètre est $\varnothing_{pe} = 2 R_1 = 90$ mm.

La lentille L_2 correspond au diaphragme de champ de la lunette. Son diamètre vaut $2 R_2 = 30$ mm.

1.4.1. Sur le schéma de principe où apparaissent les montures de L_1 et L_2 (schéma 2 du document-réponse 1 à rendre avec la copie), **représenter** le rayon du champ de pleine lumière intermédiaire r_{1PL} dans l'espace compris entre l'objectif et l'oculaire.

On donne $r_{1PL} = 14,4$ mm.

1.4.2. En **déduire** la valeur de l'angle $2\omega_{PL}$ du champ objet de pleine lumière puis, en utilisant le grossissement, la valeur de l'angle $2\omega'_{PL}$ du champ image de pleine lumière.

1.4.3. Pourquoi les lunettes astronomiques avec objectif à grande focale sont-elles surmontées de petites lunettes dites lunettes chercheuses à grand champ ?

1.5. Pouvoir séparateur

1.5.1. L'objet visé émet des radiations lumineuses de longueur d'onde moyenne 540 nm. **Calculer** la limite de résolution dans l'espace objet $\alpha_{min\ diff}$ due à la diffraction par l'objectif (de diamètre ϕ_{pe}). On rappelle que :

$$\alpha_{min\ diff} = \frac{1,22 \lambda}{\phi_{pe}}$$

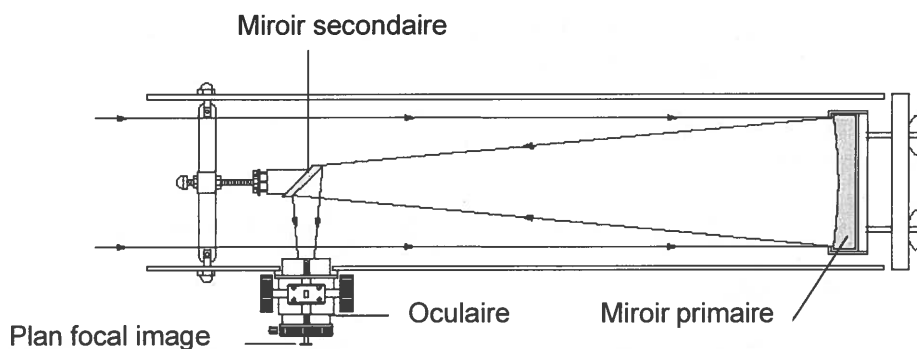
1.5.2. L'œil de l'observateur a une limite de résolution $\varepsilon = 3,0 \times 10^{-4}$ rad. **Calculer** la limite de résolution dans l'espace objet $\alpha_{min\ oeil}$ due à l'observateur.

1.5.3. En **déduire** la limite de résolution de l'ensemble (lunette-observateur), c'est-à-dire le diamètre apparent α_{min} du plus « petit » objet observable. **Comparer** avec l'indication de la notice.

1.5.4. La tache rouge de Jupiter (diamètre apparent 3×10^{-5} rad environ) est-elle visible à travers la lunette ?

PARTIE 2 : UTILISATION DU TÉLESCOPE

Le télescope étudié schématisé ci-dessous est un télescope de Newton. L'objectif est composé d'un miroir primaire M_1 et d'un miroir secondaire plan M_2 . Le télescope est livré avec 3 oculaires. Il est afocal.



On assimile ici le miroir primaire à un miroir sphérique.

On propose la chaîne des objets et images suivante :

$$AB \xrightarrow[\infty]{\text{miroir primaire } M_1} A_1B_1 \xrightarrow{\text{miroir secondaire } M_2} A_2B_2 \xrightarrow[\infty]{\text{oculaire}} A'B'$$

BTS OPTICIEN LUNETIER		Session : 2020
OPTIQUE GEOMETRIQUE ET PHYSIQUE - U.42	OLOGPH	Page : 4/9

2.1. Miroir sphérique M₁

2.1.1. Sur le schéma 3 du document-réponse 2 à rendre avec la copie, **positionner** le foyer F₁. **Justifier** en une phrase.

2.1.2. **Montrer** que le diamètre de l'image intermédiaire A₁B₁ est donné par l'expression suivante : $A_1B_1 = f_1 \times \alpha$ où α représente le diamètre apparent de l'objet exprimé en radians et f_1 désigne la valeur absolue de la distance focale (objet ou image) du miroir sphérique.

2.1.3. **Calculer** le diamètre de l'image intermédiaire de la Lune.

2.2. Miroir secondaire M₂

2.2.1. **Préciser** le rôle de ce miroir plan.

2.2.2. **Construire** sur le schéma 3 du document-réponse 2 l'image A₂B₂.

2.2.3. **Préciser** la nature de l'image A₂B₂ donnée par le miroir plan.

2.3. Oculaire

Aux deux éléments d'optique précédents, on associe l'oculaire représenté par une lentille convergente L.

2.3.1. **Placer** le foyer objet F_{oc} de la lentille sur le schéma 3 du document-réponse 2.

2.3.2. **Tracer** sur cette figure la marche des deux rayons caractéristiques à travers le télescope.

2.4. Grossissement maximal du télescope.

On peut lire sur un site d'astronomie les précisions suivantes :

« Il existe une limite maximale au grossissement car il ne faut pas que le faisceau lumineux qui entre dans l'œil soit trop étroit. Le diamètre du cercle oculaire doit être d'au moins 0,4 mm. »

2.4.1. **Préciser** en une phrase ce qu'on appelle cercle oculaire.

2.4.2. **Retrouver** la valeur théorique du grossissement maximal indiquée dans la notice.

On rappelle que le diamètre du cercle oculaire \varnothing_{CO} et le diamètre de la pupille d'entrée \varnothing_{Pe} (ici le miroir primaire) sont liés par la relation suivante :

$$\varnothing_{CO} = \frac{\varnothing_{Pe}}{G}$$

2.4.3. Quel serait dans ce cas la distance focale image de l'oculaire à placer ?

On rappelle que G est égal au rapport de la distance focale image de l'objectif par la distance focale image de l'oculaire.

BTS OPTICIEN LUNETIER		Session : 2020
OPTIQUE GEOMETRIQUE ET PHYSIQUE - U.42	OLOGPH	Page : 5/9

PARTIE 3 : COMPARAISON DE QUELQUES QUALITÉS DES DEUX INSTRUMENTS

Le grossissement n'est pas un facteur déterminant pour l'observation des astres. On s'intéresse aux autres capacités des deux instruments.

3.1 Capacité à collecter un maximum de lumière

Quel est, des deux instruments, celui qui collecte le maximum de lumière ? **Justifier.**

3.2. Pouvoir séparateur

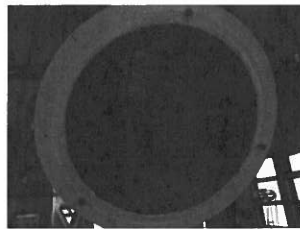
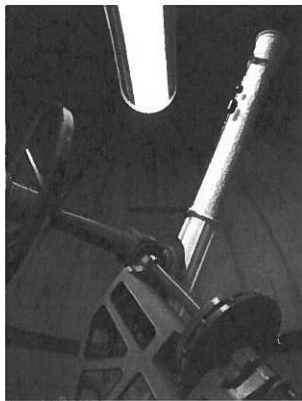
Quel est, des deux instruments, celui qui a le plus grand pouvoir séparateur ? **Justifier.**

3.3. Qualité de l'image.

Comparer, en terme d'aberrations chromatiques, les propriétés de l'objectif de la lunette astronomique et du miroir primaire du télescope.

3.4. À l'aide des trois questions précédentes, quel serait le meilleur choix pour l'astronome amateur ?

PARTIE 4 : INTERFERENCES LUMINEUSES



La lunette et son objectif

Avant de se décider, cet amateur d'astronomie visite un observatoire.

L'objectif, démontable, de la lunette de l'Observatoire est composée d'une lentille convergente et d'une lentille divergente.

On vérifie, par une méthode interférométrique, que les lentilles sont bien positionnées l'une par rapport à l'autre. On éclaire l'objectif avec un faisceau parallèle d'une lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda_0 = 585 \text{ nm}$ et on observe des interférences en réflexion visibles sous forme d'anneaux.

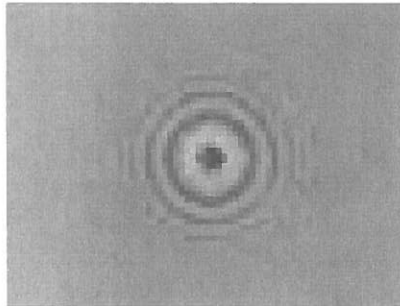
On suppose alors pour simplifier que la lentille convergente est plan-convexe (rayon de courbure $R = 1 \text{ m}$). Pour la lentille divergente, seul le dioptré en contact avec la lentille convergente est représenté. On assimile ce dioptré à un dioptré plan. Le schéma 4 du document-réponse montre la lame d'air qui induit les interférences par réflexion. On ne considérera que les deux premiers rayons réfléchis.

4.1. Sans tenir compte de la face plane représentée en pointillés, **préciser** sur ce schéma de principe (schéma 4 du document-réponse 2) les rayons réfléchis R_1 et R_2 qui interfèrent. Où sont localisées les franges ?

BTS OPTICIEN LUNETIER		Session : 2020
OPTIQUE GEOMETRIQUE ET PHYSIQUE - U.42	OLOGPH	Page : 6/9

4.2. On se place dans le cas d'une réflexion sous incidence normale en un point M où l'épaisseur d'air est e . **Exprimer** la différence de marche δ entre les deux vibrations qui interfèrent en fonction de e et de λ_0 .

4.3. Quel est l'aspect du centre de la figure ($e = 0$) ? **Justifier**.



Les anneaux de Newton

4.4. On considère la $k^{\text{ième}}$, comptée à partir du centre, frange brillante (anneau brillant) en un point M où l'épaisseur d'air est e_k .

4.4.1 **Écrire** la condition, portant sur δ , pour avoir des interférences constructives.

4.4.2. **En déduire** l'expression de e_k .

On donne la relation permettant de calculer le rayon r du $k^{\text{ième}}$ anneau brillant :

$$r = \sqrt{\left(k - \frac{1}{2}\right) \lambda_0 R}$$

4.5. **Calculer** le rayon du 1^{er} anneau brillant.

DOCUMENT-RÉPONSE 1 (à rendre avec la copie)

Schéma 1 : schéma de principe de la lunette astronomique (échelles non respectées)

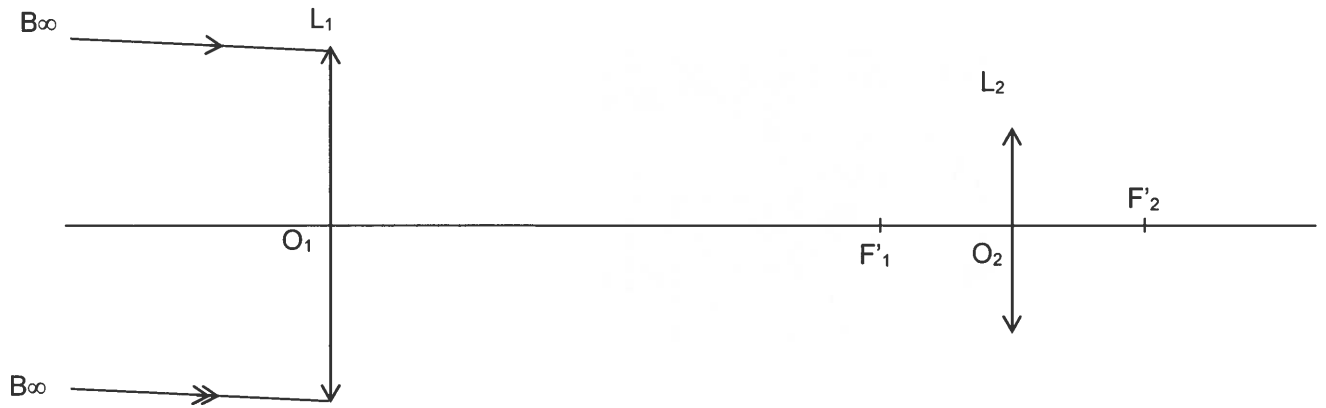
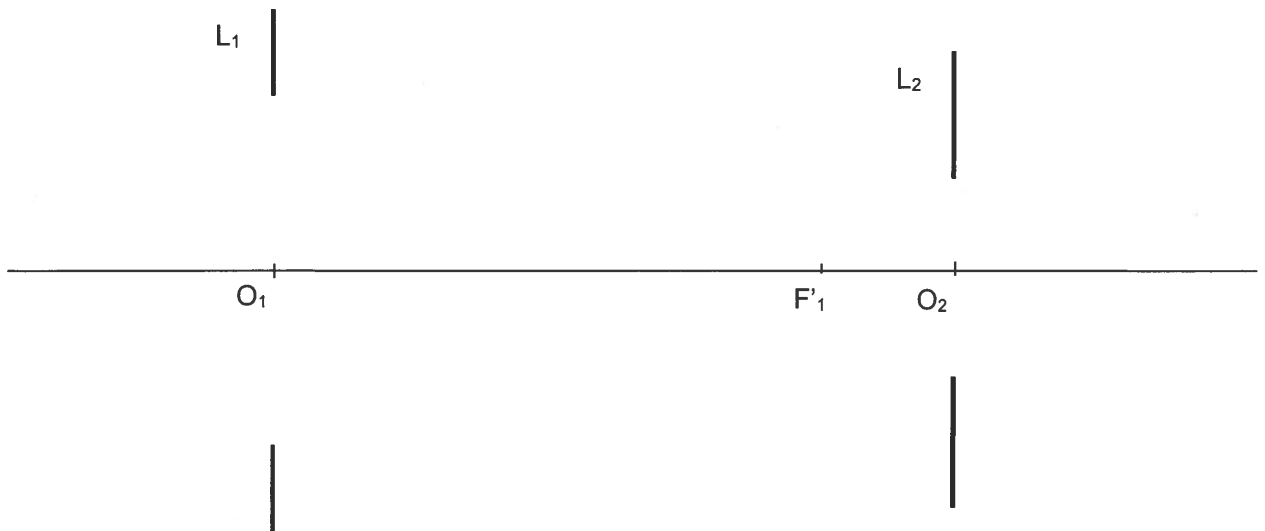


Schéma 2 : Représentation de r_{1P} , rayon du champ de pleine lumière intermédiaire



DOCUMENT-RÉPONSE 2 (à rendre avec la copie)

Schéma 3 : schéma de principe du télescope de Newton (échelles non respectées)

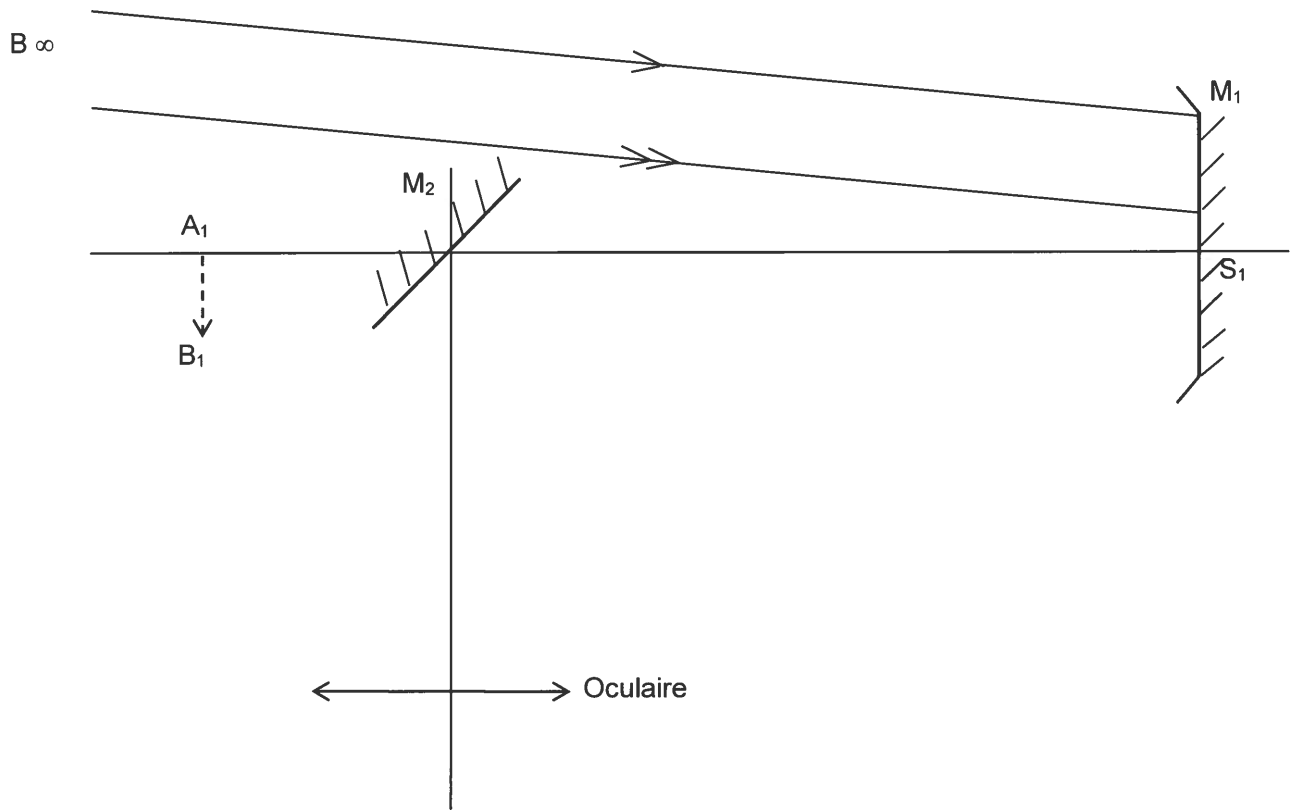


Schéma 4 : Vibrations interférant par réflexion dans la lame d'air

