

? **Lundi 25 septembre 2023**
Devoir Surveillé n°1 – Durée : 2 heures

La calculatrice est INTERDITE.

⚠️ Consignes à respecter

- Lire la **totalité** de l'énoncé et commencer par les exercices les plus abordables.
- Présentation de la copie :
 - Prendre une **nouvelle copie double pour chaque exercice**.
 - Tirer un **trait horizontal** à travers toute la copie **entre chaque question**.
 - Encadrer les expressions littérales et souligner les résultats numériques.
 - Numérotter les pages sous la forme x/nombre total de pages.
- Rédaction :
 - Faire des **schémas** grands, beaux, complets, lisibles.
 - Justifier toutes vos réponses.
 - Applications numériques : nombre de **chiffres significatifs adapté** et avec une **unité**.

Exercice n°1 Tracés et relations de conjugaison (~ 30 min)

Q1. Énoncer les relations de conjugaison et de grandissement de Descartes et de Newton.

On considère une lentille convergente de distance focale $f' = 6,0$ cm.
On place un objet AB , avec A sur l'axe optique, de 2,0 cm de haut à 3,0 cm du foyer principal objet, entre le foyer principal objet et la lentille.

Q2. Déterminer la position de l'image, ainsi que le grandissement.
Quelle est la nature réelle ou virtuelle de l'image? Que peut-on dire de l'image par rapport à l'objet?

Q3. Sur le **document réponse à rendre avec votre copie**, à l'échelle, placer l'objet AB , placer les deux foyers principaux F et F' , et tracer les trois rayons particuliers. Vérifier la cohérence avec le calcul précédent.

On considère une lentille divergente de distance focale $f' = -6,0$ cm.
On place un objet réel AB , avec A sur l'axe optique, de 2,0 cm de haut à 2,0 cm de la lentille.

Q4. Déterminer la position de l'image, ainsi que le grandissement.
Quelle est la nature réelle ou virtuelle de l'image? Que peut-on dire de l'image par rapport à l'objet?

Q5. Sur le **document réponse à rendre avec votre copie**, à l'échelle, placer l'objet AB , placer les deux foyers principaux F et F' , et tracer les trois rayons particuliers. Vérifier la cohérence avec le calcul précédent.

————— Écrire sur une nouvelle page —————

Exercice n°2 Étude d'une paire de jumelle (~ 45 min)

Ce problème étudie une paire de jumelles. Démontée (voir figure 1), la paire de jumelles se trouve être constituée d'éléments optiques assez simples : des lentilles convergentes et divergentes ainsi que des prismes dans la zone masquée.

Ce sujet comporte 3 exercices totalement indépendants qui peuvent être traités dans l'ordre souhaité. L'énoncé est constitué de 4 pages.
Le document réponse (pages 5 et 6) est à rendre avec votre copie.

Données

- $\sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = \cos(\alpha)$
- $\cos(\arcsin(x)) = \sqrt{1 - x^2}$
- Pour $\beta \ll 1$ rad, $\tan(\beta) \approx \beta$

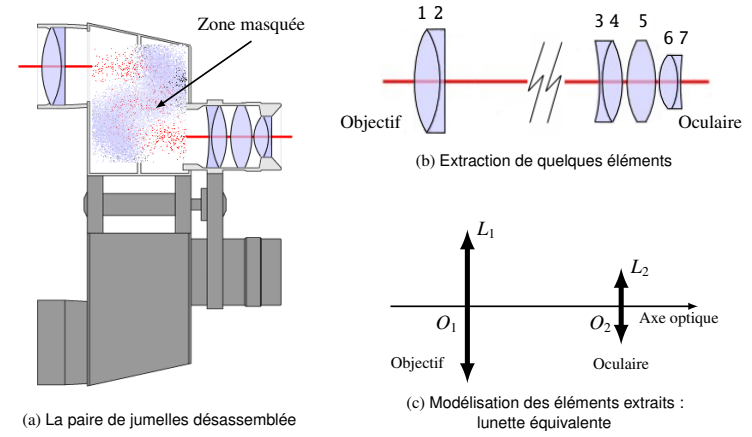


FIGURE 1 – la paire de jumelles et sa modélisation

On s'intéresse, en premier lieu, aux groupes de lentilles (extraites de l'ensemble sur la figure 1b) que nous modéliserons, en entrée et en sortie, par des lentilles minces convergentes. La modélisation est présentée en figure 1c. On note f'_1 et O_1 (respectivement f'_2 et O_2) la distance focale image et le centre de l'objectif (respectivement de l'oculaire).

Dans tout le problème, on suppose que $f'_2 = u$ et $f'_1 = 7f'_2 = 7u$ où u est une longueur de référence.
Q6. Identifier, par leur numéro, les lentilles minces divergentes visibles sur la figure 1b.

- Q7. Proposer une méthode de détermination rapide du caractère convergent ou divergent d'une lentille ne portant aucune indication.
- Q8. Ces lentilles sont utilisées dans les conditions de l'approximation de Gauss. Quelles sont ces conditions ? Quelles conséquences en découlent si elles sont respectées ?
- Q9. La lunette équivalente est réglée de manière à constituer un système afocal : l'image d'un objet à l'infini par la lunette équivalente se forme à l'infini. Quel avantage présente ce réglage pour un être humain ? Comment doivent être placés le foyer principal image de l'objectif par rapport au foyer principal objet de l'oculaire ? (La réponse devra être justifiée !)
- Q10. Représenter sur le **document réponse à rendre avec votre copie**, à l'échelle, la lunette équivalente afocale (l'objectif est déjà placé) ; on prendra, pour simplifier la construction, $u = 1$ cm. Tous les foyers doivent être positionnés et visibles, les orientations précisées. Dessiner le trajet de deux rayons lumineux arrivant, de l'infini, sur l'objectif et inclinés d'un angle α par rapport à l'axe optique. On notera α' l'angle, par rapport à l'axe optique, du rayon correspondant émergent de l'oculaire.
- Q11. Exprimer $\tan(\alpha)$ et $\tan(\alpha')$ en fonction de la taille de l'image intermédiaire, f'_1 ou f'_2 .
- Q12. En déduire l'expression algébrique du grossissement, noté G défini par $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$, en fonction de f'_1 et f'_2 . On utilisera l'approximation des petits angles. Évaluer numériquement G .

Prendre une nouvelle copie double

Exercice n°3 Réfractomètre de Pulfrich (~ 45 min)

Le réfractomètre de Pulfrich (voir figure 2) est un dispositif optique qui permet de mesurer l'indice de réfraction n d'un liquide.

Ce réfractomètre de précision fut conçu en 1888 par Carl Pulfrich, et distribué par Max Wolz à Bonn. Une évolution fut commercialisée en 1895, après que Pulfrich eut rejoint Carl Zeiss. Dans les années 1930, Zeiss en a sorti une version améliorée.

Il est composé d'un cube de verre, d'indice de réfraction n_0 connu, sur lequel on dépose une goutte (supposée hémisphérique) du liquide d'indice à déterminer. Lorsque de la lumière issue de la goutte liquide pénètre dans le bloc par la face horizontale, l'observation des rayons émergent du cube (sous certaines conditions à étudier) permet d'accéder à l'indice n cherché.

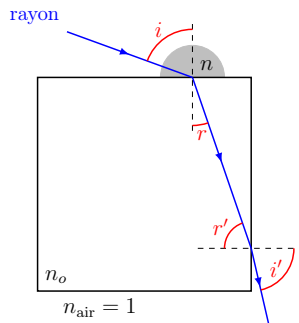


FIGURE 2 – Schéma optique du réfractomètre de Pulfrich

- Q13. Rappeler les lois de Snell-Descartes pour la réflexion et pour la réfraction. Les lois seront énoncées totalement et seront accompagnées d'un schéma complet.
- Q14. Exprimer l'angle r en fonction de n , n_0 et i , et l'angle r' en fonction de n_0 et i' .
- Q15. Quelle relation (simple) existe entre r et r' ?
- Q16. Qu'est-ce que le phénomène de réflexion totale ?
- Q17. Pourquoi peut-il se produire le phénomène de réflexion totale en sortie du bloc ? Quelle condition sur les indices n_0 du cube et n de la goutte doit être vérifiée pour être certain que le rayon puisse entrer dans le cube ?
- Q18. Déterminer l'angle r'_{lim} limite de réflexion totale en sortie du bloc.
- Q19. Donner l'inégalité que doit vérifier r' , en fonction de n_0 , pour qu'un rayon puisse sortir du cube. En déduire l'inégalité que doit vérifier r , pour qu'un rayon puisse sortir du cube.
- Q20. En déduire qu'un rayon peut sortir du cube à condition que

$$\sin(r) > \sqrt{1 - \frac{1}{n_0^2}}$$

- Q21. En déduire qu'un rayon peut sortir du réfractomètre à condition que l'angle d'incidence i soit supérieur à une valeur minimale i_m définie par

$$\sin(i_m) = \frac{1}{n} \sqrt{n_0^2 - 1}$$

- Q22. Comment pourrait-on procéder expérimentalement pour mesurer n ?

Prendre une nouvelle feuille

Exercice n°4 Loupe (BONUS : À NE FAIRE QUE SI VOUS AVEZ FAIT TOUT LE RESTE)

Vous souhaitez utiliser une loupe pour agrandir un texte. Vous placez votre œil dans le foyer principal image de la lentille.

- Q23. Déterminer les caractéristiques de la lentille à utiliser pour grossir le texte trois fois, lors d'une observation sans fatigue.
- Q24. Déterminer la position de l'objet vous permettant de voir l'image nette en accommodant au maximum.
- Q25. Déterminer le grandissement dans le cas où vous accommodez au maximum.