

? Lundi 23 septembre 2024
Devoir Surveillé n°1 – Durée : 2 heures

La calculatrice est INTERDITE.

Chapitres concernés

— Optique géométrique

⚠️ 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.
 - **Numéroter 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**.

Ce sujet comporte 4 exercices totalement indépendants qui peuvent être traités dans l'ordre souhaité. L'énoncé est constitué de 4 pages.

Le document réponse (à partir de page 5) est à rendre avec votre copie.

Contenu du DS :

Exercice n°1	Tracés d'images (<i>Durée ~ 15 minutes</i>)	1
Exercice n°2	Relations de conjugaison et de grandissement (<i>Durée ~ 15 minutes</i>)	2
Exercice n°3	Observation du Fort Boyard (<i>Durée ~ 50 minutes</i>)	2
Exercice n°4	Lampes à fibres optiques (<i>Durée ~ 40 minutes</i>)	4

Données

- $\sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = \cos(\alpha)$
- $\cos^2(x) + \sin^2(x) = 1$
- $\cos(\arcsin(x)) = \sqrt{1 - x^2}$
- Pour $\beta \ll 1$ rad, $\tan(\beta) \approx \beta$
- $\frac{25}{21} \approx 1,2$

Exercice n°1 Tracés d'images (*Durée ~ 15 minutes*)

- Q1. Voir document réponse page 5
- Q2. Voir document réponse page 5
- Q3. Voir document réponse page 5

Exercice n°2 Relations de conjugaison et de grandissement (Durée ~ 15 minutes)

Q4. **Donner** les relations de conjugaison de Descartes et de Newton, ainsi que les relations de grandissement avec origine au centre optique et aux foyers.

On utilise une lentille divergente de distance focale $f' = -20$ cm, et on obtient une image de même sens et quatre fois plus grande que l'objet.

Q5. Que vaut le grandissement transversal γ ?

Q6. **Exprimer** \overline{FA} en fonction de f' , puis \overline{OA} . Faire l'application numérique. Quelle est la nature de l'objet ?
Exprimer $\overline{F'A'}$ en fonction de f' , puis $\overline{OA'}$. Faire l'application numérique. Quelle est la nature de l'image ?

Écrire sur une nouvelle page

Exercice n°3 Observation du Fort Boyard (Durée ~ 50 minutes)

Situé au large de la Charente-Maritime, le Fort Boyard est édifié sous l'impulsion de Napoléon afin de protéger la rade, l'embouchure de la Charente, le port et surtout le grand arsenal de Rochefort des assauts de la marine anglaise. Construit entre 1804 et 1857, il est transformé en prison quelques années à peine après son achèvement. Cet imposant vaisseau de pierre est dorénavant connu dans le monde entier grâce au jeu télévisé du même nom, tourné depuis 1990, dans lequel une équipe généralement constituée de six candidats réalise diverses épreuves physiques et intellectuelles afin de gagner un trésor en boyards.



FIGURE 1 – Fort Boyard

Avant de se lancer à l'assaut du Fort, les candidats l'observent depuis l'Île d'Aix à l'aide de jumelles, sommairement modélisées par une paire de lunettes de Galilée. Chaque lunette comprend deux lentilles, l'une plan convexe, l'autre plan concave.

Q7. **Rappeler** les lois de Snell-Descartes relatives à la réfraction, au moyen d'un schéma faisant apparaître les grandeurs utiles.

Q8. La figure 2 représente les lentilles plan convexe et plan concave, taillées dans un verre d'indice optique $n > 1$ et plongées dans l'air d'indice optique $n_{\text{air}} = 1$.

Recopier la figure et **tracer** qualitativement le suivi des rayons au travers du dioptré air/verre, puis du dioptré verre/air. Bien qu'**aucun calcul** ne soit attendu, **détailler la démarche** adoptée en utilisant la réponse à la question Q7.

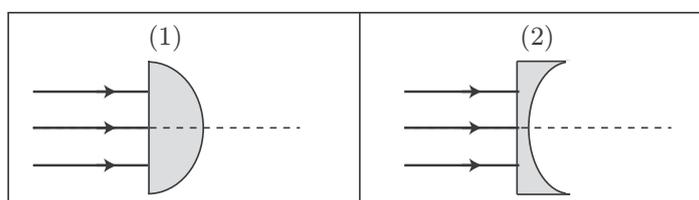


FIGURE 2 – Lentilles plan convexe (1) et plan concave (2)

Q9. **En déduire** la nature, convergente ou divergente, de chaque lentille.

Dans la suite, les lentilles sont supposées minces et utilisées dans les conditions de Gauss. Chaque lunette de Galilée est composée d'une lentille (\mathcal{L}_1) de distance focale $f'_1 > 0$ constituant l'objectif de la lunette, et d'une lentille (\mathcal{L}_2) de distance focale $f'_2 < 0$, telle que $|f'_2| < f'_1$, constituant l'oculaire (voir figure 3). On note respectivement O_1 , F_1 et F'_1 le centre optique, le foyer principal objet et le foyer principal image de l'objectif. De même, on note respectivement O_2 , F_2 et F'_2 le centre optique, le foyer principal objet et le foyer principal image de l'oculaire.

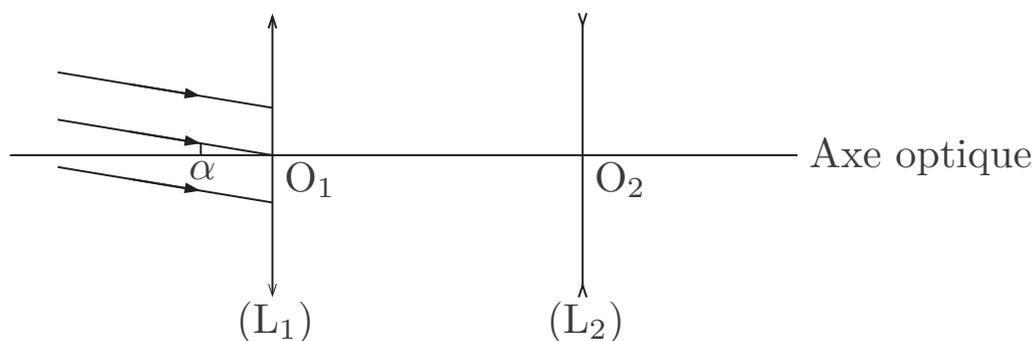


FIGURE 3 – Schéma optique de la lunette de Galilée

La lunette est réglée de façon à donner une image à l'infini d'un objet à l'infini, ce qui permet à l'observateur d'éviter toute fatigue. Dans ces conditions, la lunette est dite afocale.

Q10. **Préciser et justifier** la position relative des foyers des lentilles.

En déduire l'encombrement $\ell = O_1O_2$ en fonction de f'_1 et de $|f'_2|$.

Q11. **Recopier** le schéma de la figure 3 et **poursuivre le tracé** des rayons incidents parallèles faisant un angle α avec l'axe optique et émergeant sous un angle α' avec l'axe optique.

Q12. L'image du Fort à travers les jumelles apparaît-elle droite (=de même sens) ou renversée par rapport au Fort observé à l'œil nu ? **Justifier**.

Q13. En se plaçant dans les conditions de Gauss, les angles α et α' sont petits ; **déterminer** (=établir) l'expression du grossissement de la lunette $G = \alpha'/\alpha$ en fonction de f'_1 et de $|f'_2|$.

Q14. Compte tenu des valeurs de grossissement et d'encombrement données ci-dessous, **calculer** la valeur des distances focales f'_1 et f'_2 .

On observe le Fort, de hauteur h , depuis l'île d'Aix située à une distance d .

Q15. Sous quel angle le Fort est-il observé à l'œil nu ? Sous quel angle est-il observé à travers les jumelles ? Vérifier la validité des conditions de Gauss.

Données

- Hauteur du Fort Boyard : $h = 20$ m
- Distance Île d'Aix-Fort Boyard : $d = 3,0$ km
- Caractéristiques de la lunette de Galilée :
 - grossissement : $G = 20$
 - encombrement : $\ell = 25$ cm

Écrire sur une nouvelle page

Exercice n°4 Lampes à fibres optiques (Durée ~ 40 minutes)

Des lampes à fibre optique telle que celle ci-contre comportent une source lumineuse située dans la base de la lampe et d'une multitude de fibres optiques de quelques dizaines de centimètres de longs qui s'éloignent tels des jets d'eau.



FIGURE 4 – Photo d'une lampe à fibres optiques

Une fibre optique est constituée de deux cylindres coaxiaux : le cœur d'indice n_1 et la gaine autour d'indice n_2 . À part dans la dernière question, nous considérerons la fibre optique rectiligne.

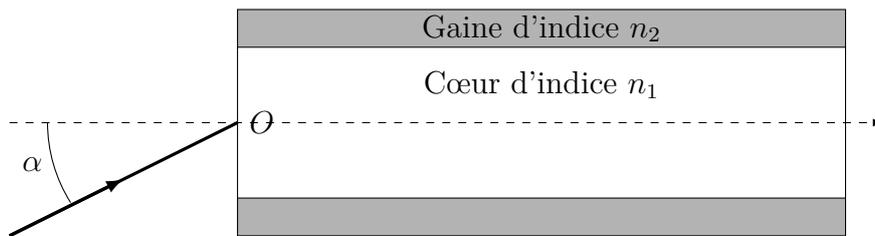


FIGURE 5 – Fibre optique

La lumière provient de l'air d'indice que nous prendrons égal à 1, et parvient sur la fibre avec un angle d'incidence α .

On notera β l'angle de réfraction à l'entrée de la fibre et i l'angle d'incidence sur le dioptré cœur/gaine.

Q16. Quel est le nom du phénomène qui permet de « piéger » la lumière à l'intérieur de la cœur ?

À quelle condition sur les indices n_1 et n_2 est-ce possible ?

Recopier le schéma de la fibre optique et **prolonger** le rayon à l'intérieur de la fibre. **Indiquer les angles α , β et i** sur le schéma.

Q17. **Établir** l'inégalité vérifiée par $\sin(i)$ (i est l'angle d'incidence sur le dioptré cœur/gaine) en fonction de n_1 et n_2 , pour qu'il n'existe pas de rayon réfracté dans la gaine.

Q18. **Établir** la relation entre i et β .

Q19. **Donner** la relation entre α et β .

Q20. En utilisant les trois réponses précédentes, **établir** que l'angle α d'incidence à l'entrée de la fibre optique doit vérifier la condition suivante pour que la lumière reste confinée dans le cœur :

$$\alpha < \arcsin\left(\sqrt{n_1^2 - n_2^2}\right)$$

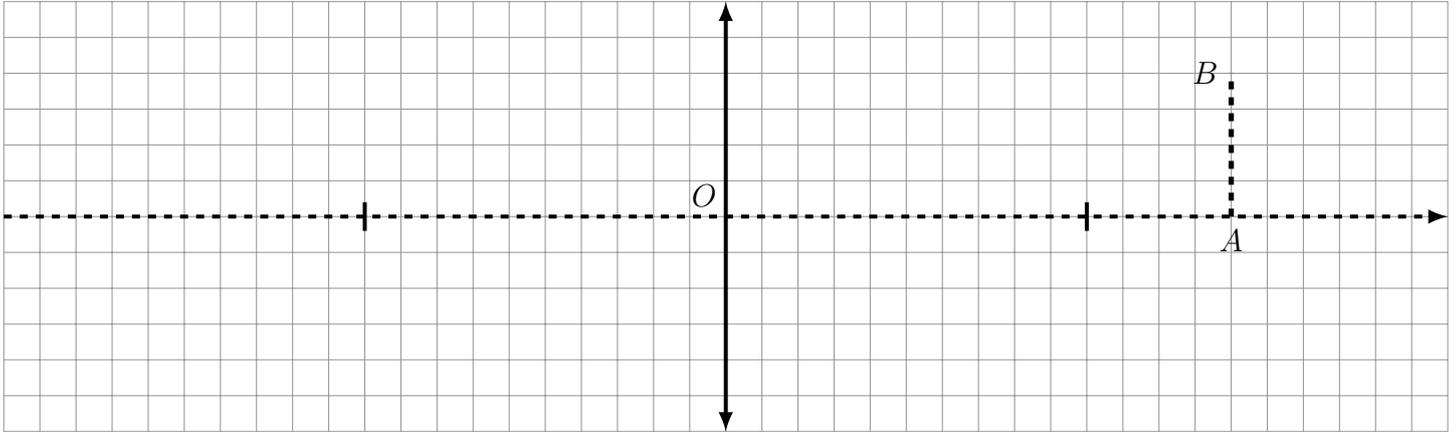
Q21. Sur la photo 4, les fibres optiques sont courbées. Quelle peut en être la conséquence sur le confinement de la lumière ? On pourra s'appuyer sur un ou plusieurs schémas pour comprendre et expliquer ce qu'il peut se passer.

DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE

NOM : _____ Prénom : _____

Exercice n°1 Tracés d'images

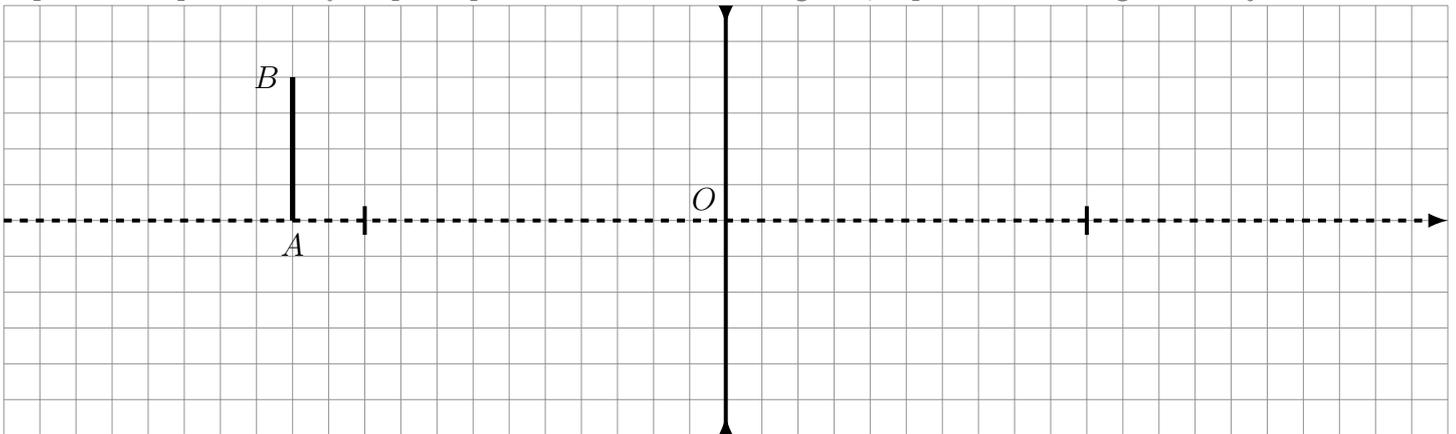
Q1. Après avoir placé les foyers principaux de la lentille convergente, représenter l'image de l'objet AB.



Que peut-on dire? Objet réel Objet virtuel Image réelle Image virtuelle

Que peut-on dire du grandissement transversal? $\gamma > 0$ $\gamma < 0$ $|\gamma| > 1$ $|\gamma| < 1$

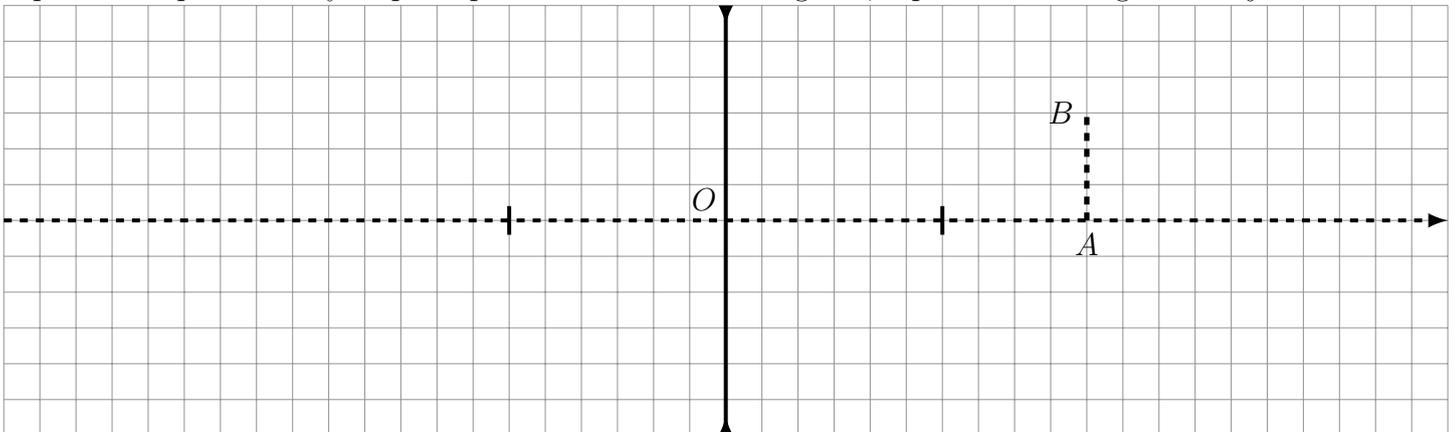
Q2. Après avoir placé les foyers principaux de la lentille divergente, représenter l'image de l'objet AB.



Que peut-on dire? Objet réel Objet virtuel Image réelle Image virtuelle

Que peut-on dire du grandissement transversal? $\gamma > 0$ $\gamma < 0$ $|\gamma| > 1$ $|\gamma| < 1$

Q3. Après avoir placé les foyers principaux de la lentille divergente, représenter l'image de l'objet AB.



Que peut-on dire? Objet réel Objet virtuel Image réelle Image virtuelle

Que peut-on dire du grandissement transversal? $\gamma > 0$ $\gamma < 0$ $|\gamma| > 1$ $|\gamma| < 1$