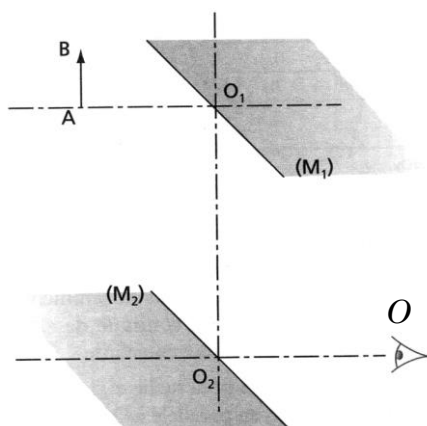


DEVOIR SURVEILLÉ 2 (3 HEURES)

Conseils de rédaction (À LIRE !)

- ❖ Le sujet comporte **7 pages**, dont 1 page en ANNEXE, **à rendre avec la copie**.
- ❖ Indiquez votre **nom** sur toutes les copies et **numérotez** toutes les pages.
- ❖ **Parcourez l'ensemble du sujet**, constitué d'un exercice et de deux problèmes, avant de **commencer** par ce qui vous semble **le plus facile** !
- ❖ Toutes les réponses doivent être **justifiées**.
- ❖ Les **schémas** doivent être réalisés avec soin.
- ❖ Les **résultats (expressions littérales, A.N.)** doivent être **mis en valeur**.
- ❖ Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, signalez-la sur votre copie et poursuivez votre réflexion en expliquant les raisons des initiatives que vous prendrez en conséquence.
- ❖ La **calculatrice** est autorisée.

Exercice 1 – Observation avec un périscopie (≈ 20 mn)



Un périscopie est constitué de deux miroirs plans parallèles entre eux, et perpendiculaires au plan de la figure. Ils font un angle de 45° par rapport à l'axe O_1O_2 . Un observateur, dont l'œil se situe au point O , regarde l'image de l'objet AB après réflexions successives sur les miroirs M_1 et M_2 : l'image obtenue par M_1 est notée A_1B_1 et l'image finale est A_2B_2 .

Données : $O_1O_2 = 22$ cm, $O_1A = 12$ cm, $O_2O = 16$ cm

1. Faire un schéma du dispositif **sur papier millimétré** en respectant l'échelle de réduction suivante : $4 \text{ cm} \rightarrow 1 \text{ cm}$.
2. Représenter les images A_1B_1 et A_2B_2 .
3. Déterminer l'expression puis la valeur numérique de la distance A_2O . Indiquer si l'image A_2B_2 est droite ou renversée, réelle ou virtuelle, agrandie ou rétrécie.
4. Représenter la trajectoire d'un rayon lumineux issu de B et atteignant l'œil.
5. Est-il possible de tracer d'autres rayons lumineux issus de B et atteignant l'œil ? Justifier.

Problème 2 – Observation dans un aquarium (≈ 45 mn)

PARTIE A : DIOPTRE UNIQUE

Un dioptre plan sépare deux milieux d'indice respectif n et n' tels que $n' < n$. Des rayons lumineux sont émis d'une source ponctuelle A située sur l'axe optique.

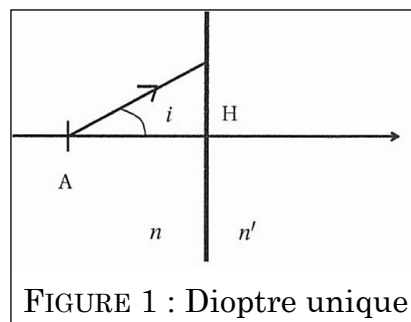


FIGURE 1 : Dioptre unique

1. Déterminer graphiquement l'image A' de A à travers le dioptre, en l'absence de réflexion totale, en complétant la FIGURE 1 en ANNEXE (à rendre avec la copie).
2. Exprimer la distance $\overline{A'H}$ en fonction des angles d'incidence i , de réfraction i' et de la distance \overline{AH} .
3. Définir le stigmatisme rigoureux. Dans quelles conditions (à préciser) obtient-on un stigmatisme approché ?
4. Dans ces conditions, en déduire que la relation de conjugaison s'écrit

$$\overline{A'H} = \frac{n'}{n} \overline{AH}.$$

PARTIE B : SUCCESSION DE DIOPTRES

On se place désormais dans les conditions de Gauss.

Un objet ponctuel A , éclaire une lame à faces parallèles d'indice n et d'épaisseur e , plongée dans l'air d'indice 1,00.

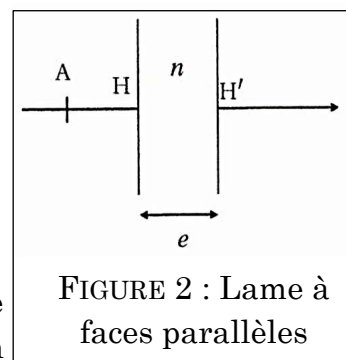
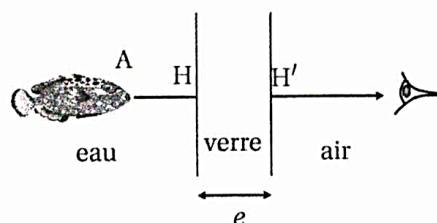


FIGURE 2 : Lame à faces parallèles

5. Déterminer graphiquement les positions de l'image intermédiaire A' de A à travers le premier dioptre et de l'image finale A'' (image de A à travers la lame) en complétant la FIGURE 2 en ANNEXE (à rendre avec la copie).
6. À l'aide de la construction graphique précédente (à compléter avec les notations utilisées), montrer que le rayon émergent de la lame associé à un rayon incident (quelconque) est parallèle à celui-ci.
7. À l'aide de la relation de conjugaison fournie à la question 4, montrer que la

distance $\overline{AA''}$ s'écrit : $\overline{AA''} = e \left(1 - \frac{1}{n} \right).$

La paroi d'un aquarium est constituée d'une lame de verre à faces parallèles, d'épaisseur $e = 1,00$ cm. L'indice optique de l'air est $n_{\text{air}} = 1,00$, celui du verre est $n_{\text{verre}} = 1,50$ et celui de l'eau est $n_{\text{eau}} = 1,33$. La tête du poisson A se



situe à 30,0 cm de la face intérieure de la paroi de verre et une personne observe le poisson de l'autre côté de la paroi selon la direction indiquée sur le schéma.

8. À quelle distance de la face intérieure de la paroi de verre semble être vue la tête du poisson ? (expression littérale puis application numérique). Commenter.

Problème 3 – Observation d’objets proches ($\approx 1\text{h}45$)

Pour une lentille L , de centre optique O , de distance focale image f' telle que $A \xrightarrow{L} A'$, les relations de conjugaison et les formules de grandissement, dans les conditions de Gauss, sont :

- Relations de Descartes : $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$ et $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$
- Relations de Newton : $\overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = ff' = -f'^2$ et $\gamma = \frac{\overline{FO}}{\overline{FA}} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}}$

F et F' représentent respectivement les foyers objet et image de la lentille L .

Les parties A et B sont totalement indépendantes.

Les systèmes optiques sont étudiés dans les conditions de Gauss.

PARTIE A : MODÈLES DE L’ŒIL POUR LA VISION DE PRÈS (d’après CCP 2013) ($\approx 1\text{h}$)

Pour la vision de près, on peut assimiler le cristallin de l’œil à une lentille mince (L) biconvexe, convergente, plongée dans l’air d’indice 1.

On note S le centre optique de la lentille, F_o son foyer principal objet, F_i son foyer principal image, V sa vergence et f_i sa distance focale image. La rétine, centrée au point R , est située à une distance du cristallin anatomiquement invariable : la distance $SR = 16,7 \text{ mm}$ reste fixe quelle que soit l’accommodation.

L’œil normal (emmétrope) permet de voir des objets situés devant lui depuis la distance $d_m = 0,25 \text{ m}$ (distance minimale de vision distincte) jusqu’à la distance d_M infinie (distance maximale de vision distincte). Pour cela, l’œil accommode, c’est-à-dire que les rayons de courbure de la lentille biconvexe se modifient sous l’effet des muscles ciliaires.

On se place dans le cas de la vision de près quand l’œil accommode au maximum. Si l’image se forme sur la rétine au niveau du point R , l’œil peut distinguer deux points proches suffisamment contrastés si leur distance angulaire est supérieure à $\varepsilon = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$. Cette limite de résolution augmente fortement en vision périphérique.

On considère un objet lumineux A_oB_o perpendiculaire à l’axe optique, dont l’image A_iB_i se forme sur la rétine.

Œil emmétrope

1. Écrire la relation de conjugaison de Descartes pour l’œil, en faisant apparaître sa vergence V . Préciser la dimension de la vergence V ainsi que son unité dans le Système International et son unité usuelle.
2. Exprimer, en fonction des données de l’énoncé, la vergence V_{max} de V quand l’œil emmétrope regarde un objet situé à la distance minimale de vision distincte d_m . Effectuer l’application numérique.

3. En supposant les cellules de la rétine jointives, déterminer la taille l d'une cellule de rétine au niveau du point R .
4. Exprimer, en fonction des données de l'énoncé, la vergence V_{min} de V dans le cas où l'œil emmétrope regarde un objet placé à la distance maximale de vision distincte d_M .
5. La variation de la vergence de l'œil $A = V_{max} - V_{min}$ est appelée l'amplitude d'accommodation. Exprimer A puis la calculer dans le cas de l'œil emmétrope.

Œil emmétrope presbyte

Avec l'âge, l'amplitude d'accommodation se réduit. Cette diminution physiologique porte le nom de presbytie. En pratique, un individu devient presbyte quand il doit éloigner son journal de plus de 35 cm de son œil pour lire. Dans ce cas, la distance minimale de vision distincte augmente $d'_m = 0,35$ m et $d'_M = d_M$ reste inchangée.

6. Déterminer l'amplitude d'accommodation A' de l'œil d'un individu devenu presbyte.
7. Quelle est la taille A_oB_o minimale des caractères du journal placé à $d'_m = 0,35$ m que peut lire cet individu devenu presbyte ?
8. Quelle serait la taille A_oB_o minimale des caractères si la presbytie de l'individu s'aggravait de telle façon qu'il doive placer le journal à $d''_m = 1,0$ m de son œil ?

Conclure.

Œil emmétrope presbyte corrigé

On considère une personne presbyte voyant nettement un point à l'infini sans accommoder, mais ne pouvant voir un point situé à moins de $d''_m = 1,0$ m même en accommodant au maximum. Pour pouvoir lire confortablement un journal placé à 25 cm devant ses yeux, cette personne porte des lunettes dont chaque verre (assimilé à une lentille mince convergente (L_L) de vergence V_L et de centre optique S_L) est placé 2,0 cm devant le centre optique S de l'œil (FIGURE 3). Dans ces conditions, il n'accommode pas.

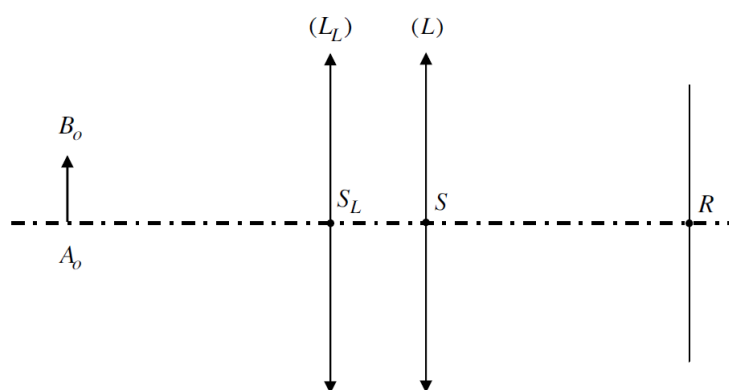


FIGURE 3 : Correction d'un œil presbyte

9. Calculer la vergence V_L des verres des lunettes.
10. Représenter sur la FIGURE 3 en ANNEXE (à rendre avec la copie) le trajet suivi par deux rayons issus de B_o qui atteignent la rétine.

11. Déterminer l'expression de la distance minimale d ($d < 25$ cm) entre un objet et les yeux d'un individu presbyte jusqu'à laquelle il peut voir des objets tout en conservant ses lunettes.
12. L'individu presbyte peut-il regarder de loin avec ses lunettes ? Justifier la réponse. En conclusion, quel type de lunettes doit-il porter pour pouvoir facilement passer de la vision de près à la vision de loin ?

Œil myope

Pour un œil myope, le cristallin est trop convergent, ce qui modifie les distances minimale et maximale de vision distincte. La distance minimale de vision distincte est plus faible que pour un œil emmétrope et vaut $D_m = 12$ cm ; quant à distance maximale de vision distincte, elle est finie et vaut $D_M = 32$ cm .

13. Déterminer les valeurs $V_{m,min}$ et $V_{m,max}$ de la vergence V_m du cristallin de l'œil myope.
14. Déterminer la nature et la vergence de la lentille de contact L_1 qu'il faut placer devant le cristallin (et accolée à celui-ci) pour ramener la distance maximale de vision distincte à l'infini. Préciser la distance focale associée. Déterminer l'expression et la valeur de la distance minimale de vision distincte D_{m1} dans ce cas.
15. La taille de la tache associée à un objet ponctuel, se formant sur la rétine, dépend du diamètre de la lentille qu'on considère ici limité par la pupille de l'œil, de rayon R . Déterminer, en fonction de R , de la distance SR et de $V_{m,min}$, l'expression du rayon r de la tache se formant sur la rétine d'un œil myope non corrigé, n'accommodant pas et observant un objet situé à l'infini. Effectuer l'application numérique pour $R = 1,0$ mm . Commenter.

Œil myope presbyte (questions 16 et 17 optionnelles)

On considère que la presbytie se manifeste par l'absence totale d'accommodation. L'individu myope presbyte regarde un journal situé à la distance $D = 40$ cm devant lui.

16. Déterminer, en fonction de D , de R , de la distance SR et de $V_{m,min}$, l'expression du rayon r' de la tache se formant sur la rétine de l'œil myope presbyte non corrigé. Effectuer l'application numérique.
17. Reprendre la question précédente pour l'œil emmétrope presbyte non corrigé. Commenter.

PARTIE B : OBSERVATION AVEC UNE LOUPE (≈ 45 mn)

Un observateur emmétrope (i.e. avec une vision normale) peut voir distinctement des objets situés à une distance comprise entre $d_m = 0,25$ m (*Punctum Proximum PP*) et l'infini ($d_M \rightarrow \infty$) : à l'infini (*Punctum Remotum PR*), l'observation se fait sans accommodation, donc sans fatigue.

L'observateur utilise comme loupe une lentille mince convergente, de distance focale $f' = 50$ mm et de centre O .

Grossissement commercial de la loupe

18. L'observateur emmétrope regarde à l'œil nu un tout petit objet plan, que l'on assimile à un segment AB , de longueur l , orthogonal à l'axe optique (Ox). Déterminer l'expression de l'angle maximal α_m sous lequel est vu l'objet.
19. Pour quelle position de l'objet AB l'observation à travers la loupe se fait-elle sans accommodation ? Représenter la situation sur un schéma. Exprimer l'angle α' sous lequel est vu l'objet à travers la loupe, l'œil étant placé au foyer image de loupe. En déduire l'expression du grossissement commercial de la loupe $G_c = \frac{\alpha'}{\alpha_m}$ et effectuer l'application numérique.

Grandissement et grossissement de la loupe

20. L'observateur utilise la loupe pour observer, en accommodant, l'objet AB . Son œil, placé en un point C , est situé à une distance $\delta = \overline{OC}$ de la loupe ($\delta < d_m$). Effectuer une construction géométrique (sans respecter l'échelle horizontale...) de l'image notée $A'B'$, en faisant apparaître notamment les distances $\delta = \overline{OC}$ et $D = \overline{A'C}$. Préciser si l'image est : réelle ou virtuelle, droite ou renversée, réduite ou agrandie.
21. À l'aide de considérations géométriques et des relations de conjugaison et de grandissement, déterminer l'expression du grandissement $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ en fonction de f' , $\delta = \overline{OC}$ et $D = \overline{A'C}$.
22. On note θ' l'angle sous lequel l'observateur voit l'image $A'B'$ à travers la loupe. Lorsqu'il enlève la loupe sans changer la distance entre l'objet et son œil, l'observateur voit l'objet AB sous l'angle θ . Représenter ces angles sur la figure réalisée à la question 14. Montrer que le grossissement défini par $G = \frac{\theta'}{\theta}$ s'écrit : $G = \frac{f' + \delta}{f'} - \frac{\delta^2}{f'D}$.
23. Pour quelle valeur de D le grossissement G est-il maximal ? Exprimer alors ce grossissement maximal noté G_{max} .
24. L'observateur maintient fixe la position de la loupe par rapport à son œil et, suivant la position de l'objet, il accommode de l'infini jusqu'à la distance d_m . Exprimer la variation de grossissement $\Delta G = G(\infty) - G(d_m)$ en fonction de f' , d_m et δ .
25. L'œil est placé à la distance $\delta = 18$ cm du centre optique de la loupe. Quelle doit être la valeur f'_0 de la distance focale de la loupe pour que le grossissement maximal soit $G_{max} = 10$? Jusqu'à quelle distance l'observateur peut-il rapprocher l'objet de la loupe ? Quel sera le grossissement dans ce cas ?

ANNEXE (à rendre avec la copie)

NOM :

Problème 2 – Question 1

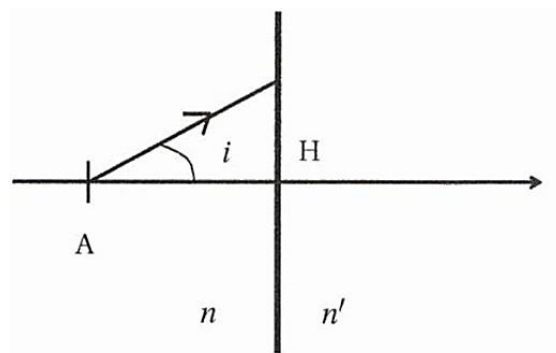


FIGURE 1 : Dioptre unique

Problème 2 – Question 5

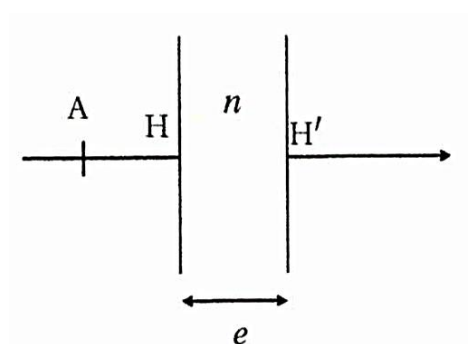


FIGURE 2 : Lampe à faces parallèles

Problème 3 – Question 10

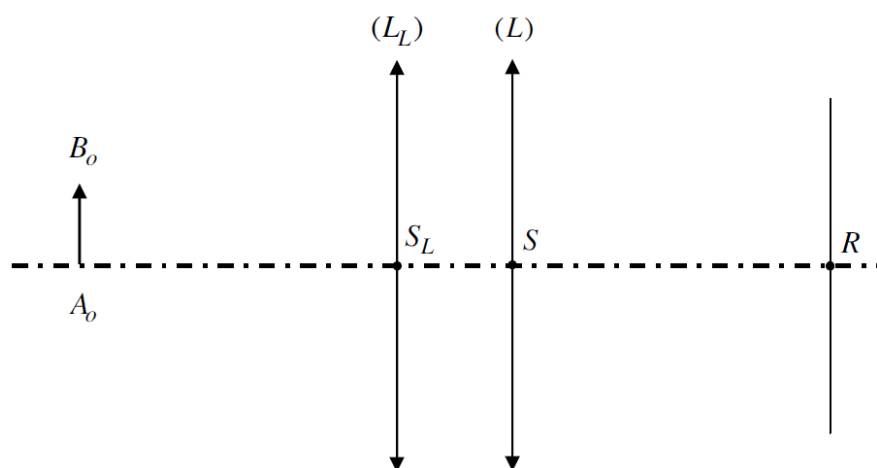


FIGURE 3 : Correction d'un œil presbyte