

Devoir surveillé n° 2

Durée : 3 heures

Quelques consignes et conseils :

- ✓ Les réponses doivent être **justifiées**.
- ✓ La calculatrice est autorisée.
- ✓ Il est demandé d'encadrer ou souligner les expressions littérales et les valeurs numériques.
- ✓ Toute application numérique sans unité ne donnera aucun point.
- ✓ Gérez votre temps. Il faut traiter un maximum de questions. Ne perdez pas trop de temps sur une question : si vous bloquez, passez. Certaines questions sont indépendantes.
- ✓ Vous ne finirez peut-être pas le devoir, ce n'est pas grave, ne négligez pas la rédaction !

Exercice 1 : La lunette astronomique (CCP PC 2015)

Une lunette astronomique est composée de deux lentilles convergentes : l'objectif de distance focale f'_1 et de centre O_1 et l'oculaire de distance focale f'_2 et de centre O_2 .

L'objectif donne d'un objet éloigné une image réelle appelée image objective. Cette dernière est observée au moyen de l'oculaire.

- Q1.** A quelle condition l'œil d'un observateur, supposé sans défaut n'accommode pas ? Comment doivent être placés l'objectif et l'oculaire l'un par rapport à l'autre ?
- Q2.** Comment se nomme un tel système ?
- Q3.** Reproduire le schéma ci-dessous (**figure 1**), sans respecter les échelles, et montrer le devenir d'un rayon incident ne passant pas par O_1 mais faisant un angle θ avec l'axe optique et émergeant sous un angle θ' dans les conditions de Gauss.



Figure 1

- Q4.** Etablir l'expression du grossissement de la lunette $G = \theta'/\theta$ en fonction de f'_1 et f'_2 et calculer ce grossissement pour $f'_1 = 1,0 \text{ m}$ et $f'_2 = 20 \text{ mm}$.
- Q5.** On considère un faisceau lumineux issu d'un point objet A à l'infini sur l'axe optique de la lunette, **figure 2**. Sans respect des échelles, reproduire le schéma et représenter le devenir d'un tel faisceau lumineux limité par la monture de la lentille objectif, encore appelée diaphragme d'ouverture.

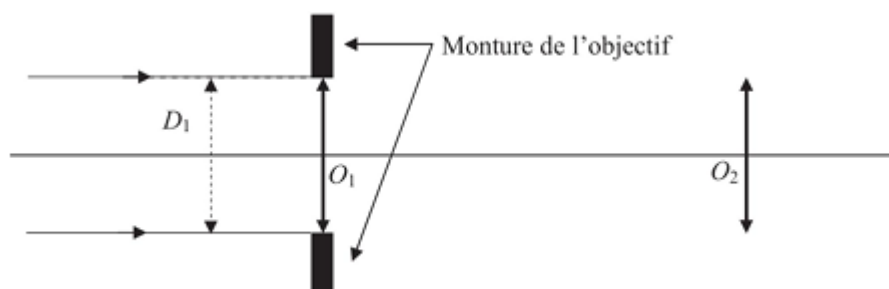


Figure 2

- Q6.** Exprimer le diamètre D du faisceau de rayons issu de l'oculaire en fonction du grossissement G de la lunette ainsi que du diamètre D_1 du diaphragme d'ouverture. On donne $D_1 = 10$ cm et $D_2 = 6$ mm. Justifier que c'est la monture de l'objectif, de diamètre D_1 , qui le limite et non celle de l'oculaire de diamètre D_2 .
- Q7.** Le champ est la fraction de l'objet visible au travers de l'instrument d'optique. On considère un objet ponctuel situé à l'infini en dehors de l'axe optique et dans la direction θ par rapport à ce dernier, **figure 3**. Expliquer, de façon qualitative, ce qu'il advient des rayons lumineux lorsque l'angle θ devient trop important. Justifier alors que la monture de l'oculaire puisse être considérée comme un diaphragme de champ.

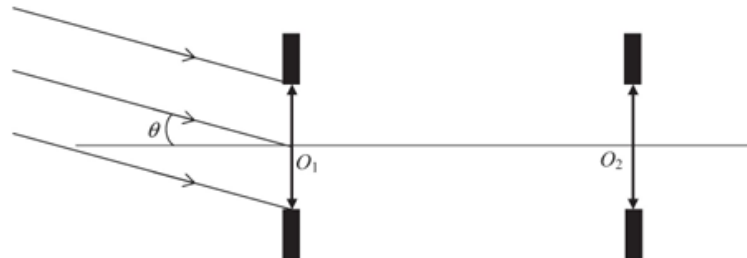


Figure 3

Exercice 2 : Autofocus d'un appareil photo numérique (inspiré de Banque PT 2021)

L'autofocus d'un appareil photographique consiste à régler de manière automatique la netteté de l'image avant d'effectuer la prise de vue.

Un appareil photo est modélisé par une lentille mince convergente (L), de focale $f_0' = 10$ cm et un plan récepteur (P) placé orthogonalement à l'axe optique. Ce plan récepteur est de taille $S = 20$ mm $\times$ 30 mm et contient $N = 6$ millions de pixels.

Lorsque le réglage de l'appareil est optimal, l'image de l'objet à photographier se trouve sur le plan (P). Sinon, on observe une tache (voir la **figure 4** ci-dessous).

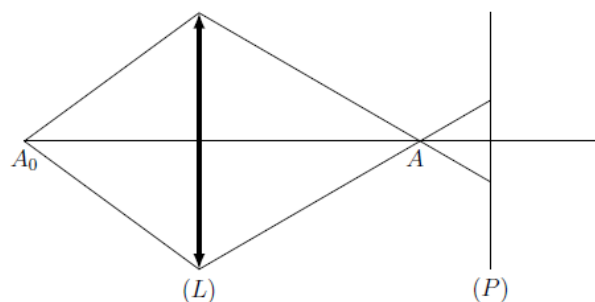


Figure 4

Il faut alors déplacer le plan (P) d'une certaine distance pour obtenir une image nette. On peut calculer cette distance à partir de la mesure du diamètre de la tache mais il y a cependant une difficulté du fait que l'on obtient la même tache que (P) soit placé devant ou derrière l'image. Nous allons étudier un dispositif astucieux qui permet de trouver cette distance mais aussi le sens du déplacement afin d'effectuer une mise au point correcte.

Partie A : Mise au point

Dans cette partie on attend, pour chaque question, une expression littérale puis une valeur numérique.

On souhaite photographier un objet réel A_0B_0 de hauteur $h = 10$ cm, transverse à l'axe de l'objectif et situé à une distance $D = 2$ m du centre optique O de la lentille (L). L'axe optique est orienté de la gauche vers la droite.

- Q8.** A quelle distance D' du centre O de la lentille (L) faut-il placer (P) pour avoir une image nette ? Ceci définit le plan P_0 .
- Q9.** Quelle est la taille h' de l'image ?

On photographie toujours l'objet dans les mêmes conditions mais le plan récepteur (P) est maintenant placé à une distance $\delta = +0,5$ cm derrière P_0 .

Le rayon de la lentille est $a = 5$ cm. On se limite à l'étude du point objet A_0 appartenant à l'axe optique. On s'intéresse à la tache formée sur le plan (P) (**figure 4**).

- Q10.** Déterminer le rayon a' de la tache lumineuse formée sur (P).
- Q11.** Déterminer la taille b (longueur d'un côté), en μm , d'un pixel supposé carré.
- Q12.** A quelle condition sur δ (en micromètre pour l'application numérique) l'image transmise par le capteur est-elle ponctuelle ?

Partie B : Principe simplifié de l'autofocus

On se limite ici aussi à l'étude du point objet A_0 appartenant à l'axe optique de la lentille (L). A est son image conjuguée par la lentille (L).

Pour déterminer si A se trouve ou non sur (P) on utilise deux lentilles annexes (L_1) et (L_2), situées à une distance d_0 de (P), toutes deux de focale f' et de rayon a et auxquelles sont associées des capteurs plans (P_1) et (P_2) situés à une distance d de chaque lentille. (P_1) (**respectivement** (P_2)) **est conjugué de** (P) **par** (L_1) (**respectivement** (L_2)) (**figure 5**).

Remarque : en réalité les deux lentilles sont désaxées par rapport à l'axe optique de (L), les rayons étant déviés par des miroirs. Ici, on considère simplement que tout se passe comme si (P) est transparent.

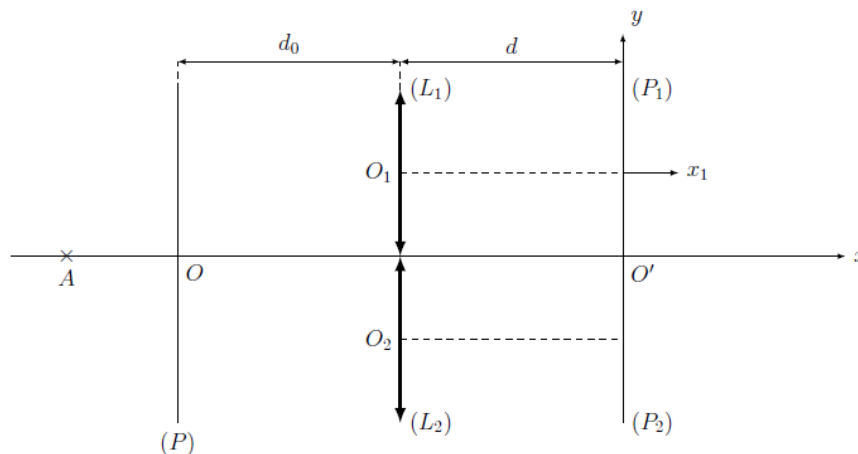


Figure 5

- Q13.** Exprimer d en fonction de d_0 et f' .

On se place tout d'abord dans le cas où A est sur (P). On note A_1 son image par (L_1).

- Q14.** Faire un schéma représentant A , A_1 , F_1' (le foyer image de (L_1)) et les rayons issus de A passant par les bords inférieurs et supérieurs de (L_1).
- Q15.** Déterminer l'ordonnée y_1 de A_1 en prenant l'origine O' située sur l'axe (Ox) en fonction de a , d et f' . En déduire l'expression de y_2 l'ordonnée de A_2 l'image de A par (L_2) en prenant également l'origine en O' .
- Q16.** Calculer $\Delta\Phi_0 = y_1 - y_2$ (appelé IMPROPREMENT différence de phase, alors qu'il s'agit d'une longueur) en fonction de d_0 , d et a .

On se place maintenant dans le cas où A est avant le plan (P) (cas de la figure 4) et on pose $\overline{OA} = p$ (mesure algébrique). On note à nouveau A_1 l'image de A par (L_1).

Q17. Construire géométriquement A_1 sur le **document réponse**. De même construire géométriquement l'image A_2 de A par (L_2) . Tracer les rayons issus de A passant par les extrémités des lentilles (L_1) et (L_2) .

On note x_1 l'abscisse de A_1 mesurée sur l'axe (O_1x_1) que l'on ne cherchera pas à exprimer et qui sera donc considérée comme une donnée.

Q18. Déterminer son ordonnée y_1 mesurée à partir de l'axe (Ox) en fonction de a , x_1 , d_0 et p .

On obtient donc une tache lumineuse. On note y_s l'ordonnée du point supérieur de la tache lumineuse sur (P_1) et y_i l'ordonnée du point inférieur de cette tache, l'origine étant en O' sur l'axe (Ox) .

Q19. Exprimer y_s en fonction de y_1 , x_1 et d

Q20. Exprimer y_i en fonction de a , y_1 , x_1 et d .

Le principe de la méthode est de mesurer ce qui est appelé « la différence de phase » définie par $\Delta\Phi = y_s - y_s'$ où y_s' est l'ordonnée du point supérieur de la tache lumineuse sur (P_2) .

Q21. Quelle relation existe-t-il entre y_i et y_s' ?

Q22. Exprimer $\Delta\Phi$ en fonction de a , d , p et d_0 .

Q23. Evaluer la différence de phase $\Delta^2\Phi = \Delta\Phi - \Delta\Phi_0$ entre le cas où la mise au point n'est pas réalisée et celui où elle l'est.

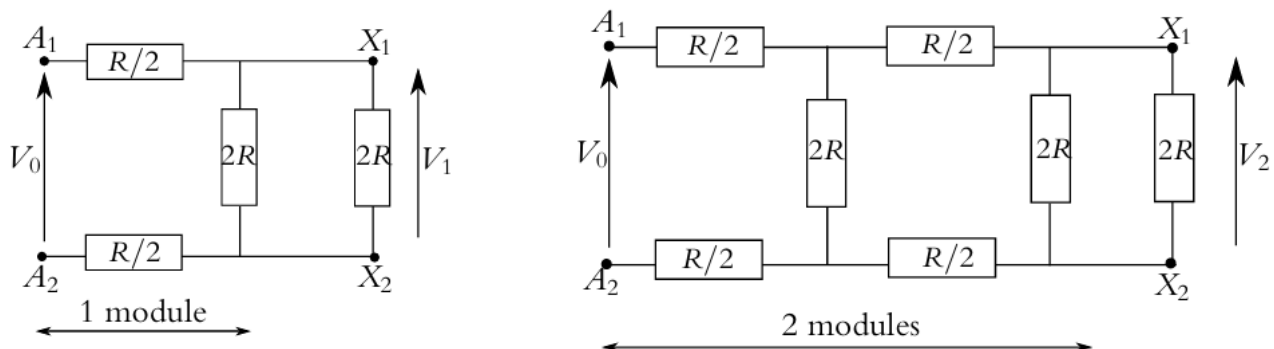
Q24. En pratique, $|p| \ll d_0$. Sachant que si $|\varepsilon| \ll 1$: $\frac{1}{1-\varepsilon} \approx 1 + \varepsilon$, déterminer une expression simplifiée de $\Delta^2\Phi$.

Le principe de l'autofocus consiste donc à mesurer la différence de phase et d'en déduire p . Il suffit ensuite de déplacer la lentille (L) afin de faire coïncider A sur (P) . Le déplacement de la lentille se fait au moyen d'un moteur pas à pas. On a $d = 2f'$ et $d_0 = 2f'$ avec $f' = 10$ cm et $a = 3$ cm. On mesure $\Delta^2\Phi = 0,66$ cm.

Q25. Dans quel sens faut-il déplacer le capteur pour obtenir une image nette ? de quelle distance ?

Exercice 3 : Modèle simplifié d'un câble coaxial

Un câble coaxial peut être modélisé par un circuit A_1A_2 , constitué d'une chaîne de n modules identiques comportant chacun trois résistors (résistances respectives $R/2$, $2R$ et $R/2$) (Fig. ci-après). Un dipôle résistor X_1X_2 , de résistance $2R$, est branché en parallèle à l'extrémité de la chaîne.



Le dipôle A_1A_2 est équivalent à un résistor R_n

Q26. Déterminer la résistance équivalente R_n entre A_1 et A_2 d'une chaîne à n modules.

Le dipôle A_1A_2 est alimenté par un générateur de f.e.m. constante $V_0 = V_{A1} - V_{A2}$.

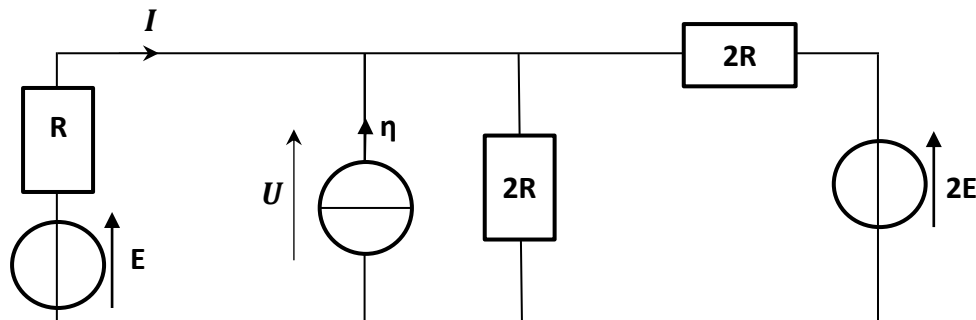
- Q27.** Déterminer, en fonction de V_0 et R , la tension $V_1 = V_{X1} - V_{X2}$, aux bornes du résistor X_1X_2 , dans le cas d'une chaîne ne comportant qu'un seul module.
- Q28.** Même question pour la tension V_2 , dans le cas d'une chaîne à $n = 2$ modules.
- Q29.** En déduire, sur le même principe, la tension V_n dans le cas d'une chaîne à n modules. Que vaut V_∞ pour une chaîne de longueur infinie ?

Exercice 4 : Circuit en régime stationnaire

Le circuit présenté ci-dessous fonctionne en régime stationnaire.

Les paramètres du circuit sont : $E = 5\text{ V}$, $R = 10\ \Omega$ et $\eta = 2\text{ A}$.

Les grandeurs I et U indiquées sur le schéma sont des inconnues à déterminer au cours du problème.



- Q30.** A l'aide des lois de Kirchhoff et en prenant les intensités comme inconnues, établir un système d'équations à résoudre pour déterminer l'expression de l'intensité I indiquée sur le schéma. Un schéma sur la copie est indispensable pour indiquer les inconnues choisies. Résoudre le système pour déterminer I et la calculer.
- Q31.** Quel est le mode de fonctionnement (générateur ou récepteur) de la source de tension idéale E ?

Nom :

Document réponse exercice 2