

La présentation, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte.

**Les candidats sont très fortement invités à encadrer les réponses finales aux questions posées. L'usage de calculatrices est autorisé.**

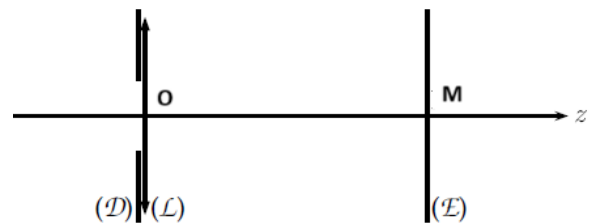
Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, d'une part il le signale au chef de salle, d'autre part il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

**Problème 1 : l'œil, la loupe et le microscope.**

L'œil est l'organe de la vue. Il est constitué :

- D'un cristallin qui est modélisé comme une lentille mince (L) convergente de vergence  $V$  variable.
- D'une rétine, membrane sensible sur laquelle vient se former l'image de l'objet observé modélisé comme un écran (E) situé à une distance  $d=17,0\text{mm}$  derrière le cristallin.
- D'un iris, membrane circulaire contractile percée au centre d'une pupille dont le diamètre varie entre  $2,00\text{mm}$  et  $8,00\text{mm}$ . Elle joue le rôle de diaphragme (D) et permet de régler la quantité de lumière qui pénètre dans l'œil.

L'œil ne voit clairement un objet que si son image se forme sur la rétine. Pour cela, les muscles de l'œil peuvent agir sur le cristallin pour modifier sa courbure : c'est le phénomène d'accommodation. Cette déformation entraîne une variation de la vergence de l'œil. L'accommodation peut donc être caractérisée en quantifiant la capacité de l'œil à faire varier la vergence du cristallin.



**Partie A : étude de l'œil nu.**

➤ **Champ de vue.**

Le champ latéral couvert par l'œil représente l'ensemble des points de l'espace qui peuvent être vus nettement par l'œil. Il est défini par un cône de sommet O et d'angle  $\alpha$  estimable à environ  $45^\circ$ . Cependant, l'acuité visuelle n'est pas la même pour toutes les directions de ce champ. Elle est maximale au centre sur un cône d'angle au sommet  $\alpha_F=5,00^\circ$ , ce champ s'imaginant sur la macula, zone centrale de la rétine.

1. Sur un schéma, représenter le cône de vision précise d'ouverture  $\alpha_F$ . En déduire le diamètre  $a$  de la macula et faire l'application numérique.

➤ **Champ en profondeur pour l'œil emmétrope.**

Sans accommodation, l'œil conjugue la rétine avec le punctum remotum noté R.

2. Rappeler où est situé R pour un œil sans défaut de vision, dit emmétrope. En déduire l'expression de la vergence  $V_R$  du cristallin qui n'accommode pas. Faire l'application numérique. (A.N)

A l'accommodation maximale, l'œil conjugue la rétine avec le punctum proximum noté P situé à une distance  $d_{\min}$  devant l'œil.

3. Rappeler la valeur de  $d_{\min}$  pour un œil emmétrope. En déduire l'expression de la vergence  $V_P$  du cristallin au maximum d'accommodation. Faire l'application numérique.
4. Exprimer l'amplitude d'accommodation  $A=(V_P-V_R)$  et faire l'application numérique.

➤ **Champ en profondeur pour l'œil myope.**

Pour les mêmes valeurs de vergence  $V_R$  et  $V_P$ , un œil myope possède une profondeur  $d_m=17,2\text{mm}$ .

5. Déterminer l'expression de la position du punctum remotum pour l'œil myope, c'est-à-dire le point vu net sans accommodation, en déterminant la distance algébrique  $D_{\max} = \overline{OP_{\text{Remotum}}}$ . Faire l'A.N.
6. Déterminer l'expression de la position du punctum proximum pour l'œil myope, c'est-à-dire le point vu net en accommodation maximale en déterminant la distance algébrique  $D_{\min} = \overline{OP_{\text{proximum}}}$ . Faire l'A.N.

Pour corriger ce défaut, on accole au cristallin une lentille de contact de vergence  $V_m$  afin que l'association forme une lentille de vergence donnée par la relation  $(V+V_m)$

7. Indiquer comment procéder pour que le punctum remotum de l'œil myope corrigé soit ramené à l'infini. En déduire l'expression de la vergence  $V_m$  à utiliser pour la lentille. Faire l'application numérique et commenter le signe obtenu.

➤ **Limite de résolution de l'œil.**

Le pouvoir de résolution est la capacité de l'œil à distinguer deux points très rapprochés. Cette capacité est limitée par la structure granulaire de la rétine formée de cellules de diamètre moyen  $g=5,0\mu\text{m}$  au contact les unes avec les autres.

8. Pour que la séparation de deux points puisse se faire distinctement, il faut que leurs images se forment sur deux cellules de la rétine séparées par une troisième. En déduire l'expression littérale puis la valeur numérique de la résolution angulaire  $\varepsilon$  d'un œil normal de profondeur  $d=17\text{mm}$ .
9. Où doit-on placer un objet pour en apprécier les détails le plus finement possible ? Exprimer et évaluer la taille  $T_{\min}$  du plus petit détail distinguable à l'œil nu.

**Partie B : étude de la loupe.**

On utilise une loupe de vergence  $V_L$  pour grossir les détails observables sur un objet. L'indication portée sur la loupe est un grossissement  $\times 10$ .

10. Faire un schéma montrant qu'une lentille convergente peut être utilisée en loupe, puis un schéma montrant qu'une lentille divergente amène au contraire à un effet anti-loupe.
11. Déterminer l'expression de l'angle  $\alpha$  sous lequel on voit un objet de taille  $T$  à l'œil nu en le plaçant au punctum proximum en fonction de  $T$  et  $d_{\min}$ .
12. Expliquer pourquoi on place le texte à lire dans le plan focal objet de la loupe. Déterminer l'expression de l'angle  $\alpha_L$  sous lequel un objet de taille  $T$  est vu à l'aide de la loupe en fonction de  $T$  et  $V_L$ .
13. Préciser ce qu'on appelle grossissement pour cette loupe et en déduire l'expression de la vergence de la loupe et faire l'application numérique.

**Partie C : étude du microscope.**

Le microscope est un instrument d'optique qui permet d'observer les détails d'objets microscopiques. Il est constitué d'un objectif et d'un oculaire d'axe optique commun qu'on modélise ici de la manière la plus simple possible :

- L'objectif est le premier traversé, il sera vu comme une lentille mince ( $L_1$ ) de distance focale  $f_1'$ .
- L'oculaire est l'élément de sortie, il sera vu comme une lentille mince ( $L_2$ ) de distance focale  $f_2'=25\text{mm}$ .
- Le microscope est conçu à partir de la donnée de l'intervalle optique  $\Delta$  donnant la distance entre le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire  $\Delta = \overline{F_1'F_2} = 200\text{mm}$ .

On supposera que l'utilisateur du microscope sera toujours muni d'yeux emmétropes.

14. Où doit se situer l'image finale  $A_F B_F$  produite par le microscope ?
15. En déduire où doit se situer l'image intermédiaire  $A_i B_i$  servant d'objet pour l'oculaire.
16. Faire alors un schéma du microscope et construire l'objet  $AB$  qui est observé grâce à cet instrument.

L'objectif porte comme inscription la mention ( $\times 40$ ) qui donne la valeur absolue du grandissement obtenue avec cette lentille.

17. Quel est le signe du grandissement  $\gamma_1$  de l'objectif ? En déduire sa valeur numérique.
18. En déduire l'expression et la valeur numérique de la distance focale  $f_1'$  de l'objectif.
19. Déterminer l'expression et la valeur numérique de la distance algébrique  $\overline{F_1'A}$ . Commenter le résultat obtenu.
20. Exprimer l'angle sous lequel est vu un objet de taille  $T$  à travers le microscope. En déduire l'expression du grossissement commercial de ce microscope. Faire l'application numérique.
21. Déduire de ces considérations l'expression et la valeur numérique de la taille du plus petit détail observable à l'aide du microscope.

La résolution du microscope peut également être limitée par le phénomène de diffraction. A cause de ce phénomène, un point objet ne donne pas en sortie du microscope un faisceau de rayons strictement parallèle mais un faisceau

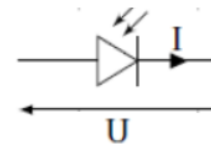
dont l'ouverture angulaire  $\delta$  est donnée par la relation  $\delta = 1,22 \frac{\lambda}{a} \frac{\Delta}{f_2'}$  où  $\lambda$  est la longueur d'onde de la lumière

utilisée et  $a$  est le diamètre du diaphragme placé dans le plan focal image de l'objectif.

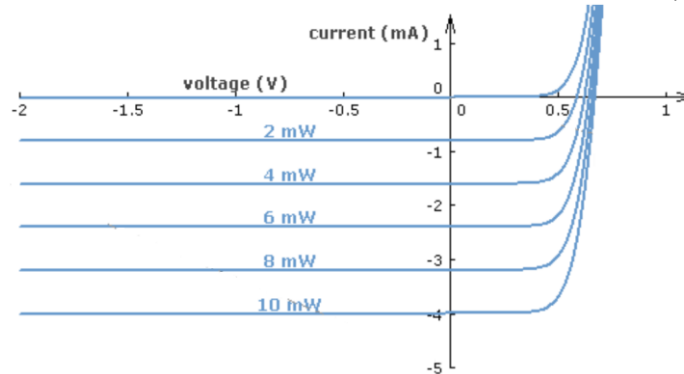
22. Evaluer numériquement  $\delta$  pour  $\lambda=500\text{nm}$ , et  $a=1,00\text{mm}$ .
23. Déterminer la distance limite  $T'$  pour que deux points soient vus séparés derrière l'objectif en prenant pour critère que leur cône de diffraction ne se superposent pas. Faire l'application numérique et commenter le résultat.

**Problème 2 : étude d'une photodiode.**

On étudie la photodiode dont le schéma est donnée sur la figure ci-contre. La photodiode est un capteur de lumière dont la caractéristique dépend de la puissance lumineuse qui l'éclaire. On donne ci-dessous sur la figure 2 la caractéristique  $I=f(U)$  pour des puissances lumineuses reçues allant de 0mW à 10mW.



symbole de la photodiode.



Caractéristique de la photodiode étudiée pour différentes puissances lumineuses reçues.

1. Indiquer la convention dans laquelle la photodiode est étudiée.
2. Pour une tension de  $U_1=0,5V$ , et une puissance lumineuse  $W_1=8mW$ , lire la valeur de l'intensité du courant électrique  $I_1$  traversant la photodiode. Exprimer alors la puissance électrique  $P_1$  reçue par la photodiode et l'évaluer numériquement.
3. Pour une tension de  $U_2=-1,0V$ , et une puissance lumineuse  $W_2=6mW$ , lire la valeur de l'intensité du courant électrique  $I_2$  traversant la photodiode, exprimer alors la puissance électrique  $P_2$  reçue par la photodiode et l'évalueur numériquement.
4. Quel est le comportement (générateur ou récepteur ?) de la photodiode dans le cas étudié à la question 2 ? Reprendre la question dans le cas étudié à la question 3 ?
5. Etablir, à l'aide de la courbe caractéristique, un tableau donnant la valeur de  $I$  l'intensité du courant électrique inverse délivrée par la photodiode sur le domaine  $U<0$ , en fonction de la puissance lumineuse  $W$  reçue. Faire une représentation graphique de la courbe  $I=f(W)$  et apporter une conclusion qualitative à cette étude.

Pour utiliser la photodiode en capteur de lumière, il faut s'assurer qu'elle est toujours utilisée dans le domaine  $U<0$ . On réalise donc un circuit où on alimente la photodiode (prise dans la même convention) à l'aide d'un générateur de Thévenin de force électromotrice  $E$  et de résistance interne  $r=250\Omega$ .

6. Faire un schéma du circuit d'étude.
7. Donner l'équation caractéristique du générateur de Thévenin.

On souhaite que pour toute valeur de puissance lumineuse reçue inférieure ou égale à  $W_{max}=10mW$ , la tension aux bornes de la diode reste inférieure à  $U_{max}=-0,5V$ .

8. Reprendre sur une figure la courbe  $I=f(U)$  caractéristique de la diode pour une puissance  $W_{max}=10mW$ . Tracer alors la courbe caractéristique correspondant au cas limite du générateur de Thévenin envisageable. Déduire par lecture graphique la valeur maximale qu'il faut donner à  $E$ . Vérifier ce résultat par un calcul bien justifié.
9. Ajouter à votre circuit d'étude un voltmètre permettant de mesurer la tension  $U$  aux bornes de la diode et un ampèremètre permettant de mesurer l'intensité  $I$  la traversant.
10. Préciser la résistance de ces deux appareils dans le cas idéal puis dans le cas réel. Expliquer quel biais de mesure est introduit dans le montage que vous avez proposé en question 9.

**Problème 3 : Etude d'un flash d'appareil photo.**

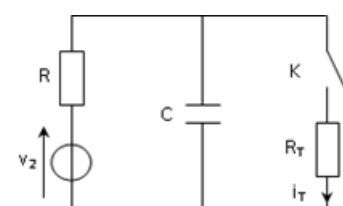
Le flash d'un appareil photo est constitué d'un tube à gaz contenant du xénon qui est a priori non conducteur. Cependant, lorsqu'une très haute tension lui est appliquée, l'ionisation des atomes de xénon qui en résulte abaisse la résistance du tube qui devient alors équivalent à un conducteur de résistance  $R_T$  faible.

**Réponse en intensité du circuit.**

On considère le circuit de la figure ci contre pour modéliser le flash de l'appareil photo.

Sur le domaine  $t<0$ , l'interrupteur  $K$  est ouvert et on suppose que le régime stationnaire est atteint.

1. Déterminer la tension  $u(t=0-)$  aux bornes du condensateur.



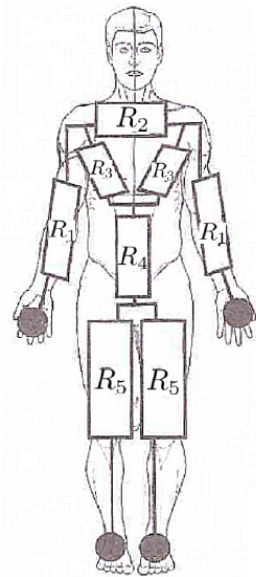
A l'instant  $t=0$ , on ferme l'interrupteur K.

2. Déterminer alors l'expression de  $u(t=0+)$  aux bornes du condensateur puis de l'intensité  $i_T(t=0+)$ .
3. Déterminer l'expression de l'intensité  $i_T(+\infty)$  correspondant au régime stationnaire avec K fermé.
4. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par  $i_T(t)$  pour  $t>0$ . On fera apparaître une constante de temps  $\tau$  à exprimer en fonction de  $R$ ,  $R_T$  et  $C$ .
5. Exprimer l'intensité  $i_T(t)$  sur tout l'intervalle  $t>0$  en fonction de  $v_2$ ,  $R$ ,  $R_T$ ,  $t$  et  $\tau$ .
6. Tracer l'allure de  $i_T(t)$  pour  $t>0$  et expliquer la génération d'un éclair lumineux lors de la fermeture de l'interrupteur K.

**Etude énergétique.**

7. Donner l'expression de l'énergie accumulée par le condensateur avant la fermeture de l'interrupteur.
8. On souhaite générer un flash d'une puissance  $P=4W$  et d'une durée  $T=0,10s$ . Evaluer numériquement l'énergie devant être stockée dans le condensateur (on se contentera d'une expression simple pour obtenir un ordre de grandeur).
9. La f.e.m. de la source de tension étant de 300V, évaluer numériquement la valeur de la capacité du condensateur utilisé. Commenter.

**Résolution de problème : disjoncteur différentiel.**



Si  $I > 6 A$ , la coupure du courant dans le système électrique domestique est assurée par les fusibles.

Pour un homme, le risque est mortel s'il est traversé par une intensité de courant électrique  $I > 20 mA$  pendant quelque millisecondes.

avec :  $R_1 = 460 \Omega$ ,  $R_2 = 80 \Omega$ ,  $R_3 = 125 \Omega$ ,  $R_4 = 15 \Omega$  et  $R_5 = 840 \Omega$

Si un homme touche des index les deux trous d'une prise, les fusibles couperont-ils le courant ?