

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 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.

**Résolution de problème.**

La lampe de vélo représentée ci-dessous fonctionne à l'aide de trois diodes électroluminescentes (LED) dites « blanches » dont les tensions seuils sont données dans le tableau ci-contre.

| Couleur | Domaine spectral (nm) | Tension de seuil (V) |
|---------|-----------------------|----------------------|
| Violet  | 400-500               | 2.7- 3.1             |
| Bleu    | 450-500               | 2.5 - 2.8            |
| Vert    | 525-565               | 2.1 - 2.5            |
| Jaune   | 585-590               | 2.1                  |
| Orange  | 600-620               | 2                    |

La puissance lumineuse totale produite par les LED est d'environ 400 lumens pour une consommation électrique de 4,0 Watts. Elles sont alimentées par trois piles rechargeables LR03 délivrant une tension de 1,5V. Deux d'entre elles sont représentées sur la photo ci dessous.

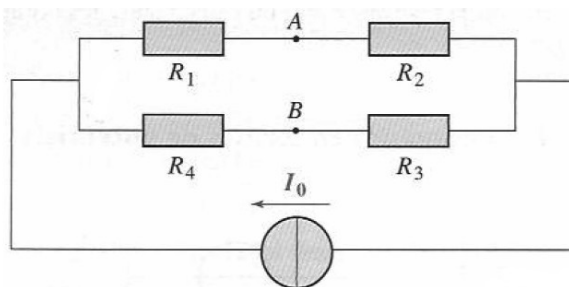


1. Proposer un schéma électrique pour le circuit à réaliser.
2. Estimer l'autonomie de la lampe, c'est à dire la durée de fonctionnement maximale.

**Problème 1 : pont de mesure de température.**

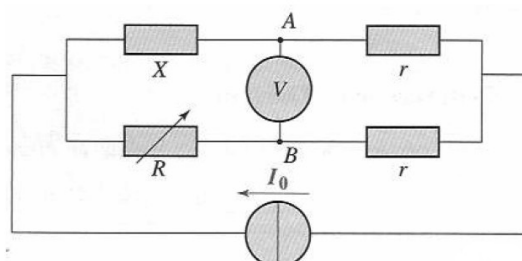
On considère le pont de Wheatstone dont le circuit, donné ci contre, est constitué des quatre conducteurs ohmiques de résistance respective  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  et  $R_4$  alimenté par une source de courant idéale délivrant un courant  $I_0 = 5,00\text{A}$ .

1. Déterminer l'intensité  $I_{12}$  du courant circulant dans la branche 1→2. Faire de même pour  $I_{34}$ .
2. Déterminer alors la tension  $U_{AB}$  en fonction de  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  et  $I_0$ .
3. On dit que le pont est équilibré lorsque la tension  $U_{AB}$  est nulle. Quelle relation simple est vérifiée par les résistances dans ce cas ?



On exploite alors ce pont pour effectuer des mesures de température dans la configuration ci contre où  $X$  est une résistance de platine vérifiant la relation  $X = X_0(1 + a\theta)$  où  $\theta$  est la température du système étudié exprimée en  $^{\circ}\text{C}$ ,  $X_0 = 50,0\Omega$  et  $a = 4,00 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ . On utilise deux résistances  $r = 1,00\text{k}\Omega$  et une résistance variable  $R$  initialement réglée pour que le pont soit équilibré à une température de  $\theta_0 = 100^{\circ}\text{C}$ .

4. Déterminer l'expression et la valeur numérique de  $R$ .

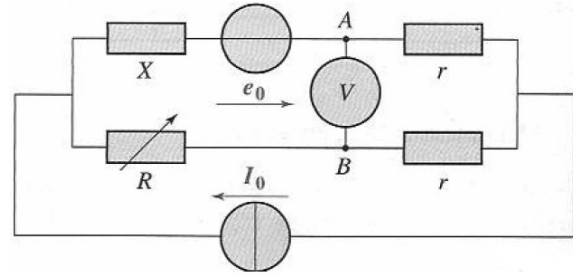


On suppose que la température augmente très légèrement d'une valeur  $\delta\theta=0,1^\circ\text{C}$ .

- Déterminer la tension  $u_{AB}$  qui apparaît lors de cette variation de température en fonction de  $r$ ,  $X_0$ ,  $a$ ,  $\theta_0$  et  $\delta\theta$ . Faire une approximation réaliste sur le dénominateur pour simplifier cette expression.

A ces températures, les jonctions font apparaître une fem parasite en série avec  $X$  par effet thermoélectrique modélisé à l'aide du circuit ci contre.

- Quelle est la tension  $u_{AB}$  qui apparaît à cause de cette seule fem  $e_0$ .
- A quelle condition cette fem parasite ne perturbera pas la détection de la variation de température  $\delta\theta$ . Faire une application numérique.



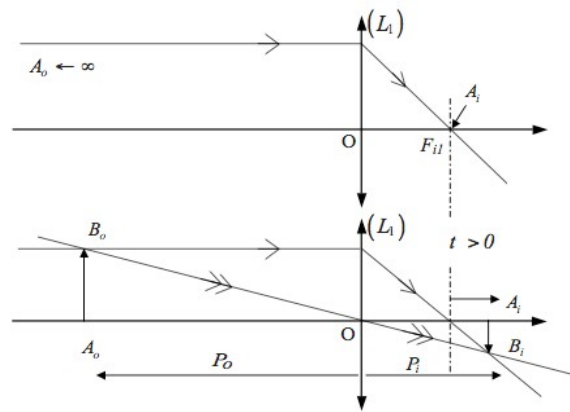
### Préliminaire : conditions de Gauss

- Énoncer en les illustrant sur un schéma les deux conditions de l'approximation de Gauss pour un système optique centré.
- Nommer et définir les deux propriétés vérifiées par les systèmes optiques centrés dans ces conditions.

### Problème 2 : L'appareil photographique.

On modélise un appareil photo par l'association d'une lentille mince ( $L_1$ ) de focale  $f_1'=50,0\text{mm}$  appelée "objectif", d'un capteur (C) sur lequel on souhaite récupérer l'image et d'un diaphragme (D) accolé devant la lentille de diamètre noté  $a=6,0\text{mm}$ .

On nomme tirage, noté  $t$ , le déplacement du capteur depuis sa position initiale au foyer image de l'objectif vers une position quelconque. Le tirage maximale avec l'appareil étudié est  $t_{\max}=8,50\text{mm}$ .



### Objet à l'infini, réalisation de photo de paysage.

- Quelle est le tirage lorsque l'objet conjugué avec le capteur est à l'infini ?

Lorsqu'on fait une photographie de paysage, avec un objet conjugué à l'infini, on voit net tous les objets situés entre une distance infinie et une distance  $L=50,0\text{m}$  devant l'objectif.

- A l'aide d'un schéma, établir l'expression du diamètre  $T$  de la tache image associée au point objet situé à une distance  $L$  devant l'appareil en fonction de  $a$ ,  $f_1'$  et  $L$ . Faire l'application numérique.
- Expliquer pourquoi la tache image sera vue nette par le capteur CCD et en déduire la taille caractéristique d'un pixel.

À l'aide de cet appareil dont on suppose que le capteur présente une dimension  $(h=8,80)*(l=13,20)\text{mm}^2$ , on forme sur le capteur l'image d'un bâtiment de hauteur  $h=5,0\text{m}$  situé à une distance  $D=100\text{m}$  devant l'objectif.

- Quelle approximation peut-on faire ? Exprimer la taille algébrique  $\overline{A'B'}$  de l'image du bâtiment sur le capteur en fonction de  $h$ ,  $f_1'$  et  $D$ . Faire l'application numérique et commenter le résultat obtenu (signe et valeur absolue).

### Influence de la focale.

On souhaite obtenir une image du bâtiment sur le capteur plus grande sans changer de place (donc en gardant la même valeur pour  $D$ ). On change donc l'objectif.

- Comment doit-on choisir la distance focale de l'objectif pour obtenir une image plus grande du bâtiment sur le capteur ?

La construction d'objectif de grande distance focale avec une lentille simple donnant des images non distordues n'est pas réalisable en pratique. Un télé-objectif est par conséquent réalisé en associant deux lentilles. La première lentille ( $L_1$ ) est convergente, elle donne de l'objet  $AB$  une image intermédiaire notée  $A_1B_1$ , la seconde lentille ( $L_2$ ) est divergente, elle forme l'image finale  $A'B'$  sur le capteur CCD, elles sont séparées d'une distance  $O_1O_2=e$ . On suppose qu'entre le bâtiment et la lentille ( $L_1$ ) on retrouve la distance  $D$ .

- En utilisant une approximation clairement justifiée, Exprimer la distance algébrique  $\overline{O_1A_1}$  puis la distance algébrique  $\overline{O_2A_1}$  en fonction de  $f_1'$  et  $e$ .

7. Sachant que l'image finale  $A'B'$  doit être réelle, montrer que la distance  $e$  entre les centres des deux lentilles doit être située dans une plage de valeur à préciser en fonction de  $f_1'$  et  $f_2'$ .
8. Vérifier que les conditions sont bien réalisées pour  $f_1'=50,0\text{mm}$  ;  $f_2'=-20\text{mm}$  et  $e=38\text{mm}$ .
9. Exprimer la distance  $\overline{O_2A'}$  puis la taille  $\overline{A'B'}$  de l'image de l'arbre sur le capteur. Faire les applications numériques.
10. Comparer les performances du simple objectif de distance focale  $f_1'$  et du télé-objectif. On citera au moins un avantage et un inconvénient du télé-objectif.

### Réglage de différents paramètres lors d'une prise de vue.

Les documents fournis en fin d'énoncé indiquent les différents réglages en mode manuel pour obtenir une bonne exposition. Un photographe amateur effectue une prise de vue (un portrait d'une personne immobile) en extérieur avec les réglages suivants : (ISO 100 ; vitesse 1/250 s ; ouverture : f/4). Il l'estime correctement exposée et souhaite en effectuer une autre avec la même exposition, en conservant la même sensibilité, mais avec une ouverture f/8.

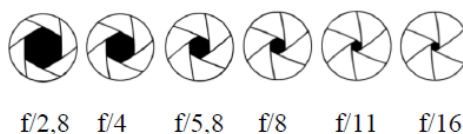
11. Justifier le choix de rester avec la même sensibilité ISO 100.
12. Quelle vitesse d'obturation doit-il choisir ?
13. Ce nouveau réglage va-t-il permettre d'augmenter ou diminuer la profondeur de champ ?
14. Si la personne bouge un peu durant la prise de vue, y a-t-il un risque plus grand, en comparaison avec la première photographie, que l'image obtenue soit floue ?

### Exposition d'une photo.

L'exposition est un paramètre technique important pour la réussite d'une photo. Elle caractérise en quelque sorte l'action de la lumière sur le capteur. Si l'exposition est trop faible, l'image obtenue sera sombre (sous-exposée) ; à l'inverse, une surexposition produira une image trop claire.

L'exposition est choisie en fonction de la scène à photographier (intérieur, extérieur, etc.) et peut être contrôlée par trois paramètres.

- La sensibilité ISO correspond à la sensibilité à la lumière du capteur (ou de la pellicule) ; elle varie en général entre 100 (faible sensibilité) et 3 200 (grande sensibilité). Une sensibilité deux fois plus grande correspond donc à un capteur deux fois plus sensible. Il est préférable d'utiliser une sensibilité faible car les hautes sensibilités augmentent le bruit, ce qui détériore le résultat.
- La vitesse d'obturation représente la durée pendant laquelle l'obturateur reste ouvert. Elle est en général comprise entre 1 s et 1/250 s. Une faible vitesse peut entraîner des phénomènes de " bougé " si la scène est en mouvement.
- L'ouverture du diaphragme correspond à la taille du disque qui laisse passer la lumière quand l'obturateur est ouvert. Elle est indiquée par une notation  $f/x$ , où  $x$  est appelé " nombre d'ouverture ". Voici quelques valeurs de l'ouverture :



Lorsqu'on passe d'une valeur à l'autre (de la gauche vers la droite) on divise par 2 la surface d'ouverture du diaphragme. L'ouverture modifie également la profondeur de champ : une plus faible ouverture permet d'obtenir une plus grande profondeur de champ.

**TSVP**

**Problème 3 : Étude d'une lunette astronomique.**



Sur internet, on trouve la lunette en photo ci-contre pour laquelle on donne les caractéristiques techniques suivantes :

- L'objectif est une lentille ( $L_1$ ) de focale  $f_1'=700\text{mm}$  et de diamètre  $a_1=70\text{mm}$ . On appelle  $O_1$  son centre optique.
- L'oculaire est une lentille ( $L_2$ ) de focale  $f_2'$  qui peut faire l'objet d'un choix entre deux valeurs 10mm et 25mm. On appelle  $O_2$  son centre optique.
- Un chercheur 6x24 est ajouté sur le côté de la lunette.

**La lunette est conçue pour observer des objets à grande distance dont on peut considérer qu'ils sont situés à l'infini.**

1. Expliquer pourquoi il est préférable que l'observation se fasse sans accommodation de l'œil ? Indiquer alors où doit se construire l'image finale  $A_2B_2$  si l'observateur est emmétrope. A quelle catégorie de systèmes optiques centrés appartient la lunette astronomique ?
2. Indiquer où se forme l'image intermédiaire  $A_1B_1$  produite par l'objectif ( $L_1$ ) et où elle doit se situer en tant qu'objet pour l'oculaire ( $L_2$ ). En déduire la distance  $\Delta = \overline{O_1O_2}$  entre l'objectif ( $L_1$ ) et l'oculaire ( $L_2$ ) en fonction de  $f_1'$  et  $f_2'$ . Faire l'application numérique pour les deux oculaires.
3. Faire le schéma de la lunette dans lequel on prendra soin de réaliser la construction complète du rayon issu du point objet  $B_\infty$  passant par le foyer objet de l'objectif et la construction complète du rayon issu du point objet  $B_\infty$  passant par le centre optique de l'objectif.

La lunette est caractérisée par son grossissement  $G = \alpha_2/\alpha$  où  $\alpha_2$  est l'angle que forment les rayons émergents de la lunette en direction de  $B_2$  et  $\alpha$  l'angle que forme les rayons incidents sur la lunette en provenance de  $B_\infty$ .

4. Placer  $\alpha$  et  $\alpha_2$  sur le schéma précédent et déterminer le grossissement commercial de la lunette. Faire l'application numérique pour les deux oculaires envisagés.
5. Quel peut être l'intérêt d'ajouter à cette lunette un « chercheur » ?

On appelle cercle oculaire l'image de la monture de l'objectif par l'oculaire et on note C le point donnant la position du cercle oculaire le long de l'axe optique. Pour une bonne observation, on place son œil au niveau du cercle oculaire car c'est ici que la lumière est la plus concentrée.

6. Déterminer la distance  $\overline{F_2'C}$  entre le foyer image de l'oculaire et le cercle oculaire.
7. Déterminer le diamètre  $a_c$  de ce cercle oculaire en fonction de  $f_1'$ ,  $f_2'$  et  $a_1$ .

Pour que la lumière soit collectée correctement par l'œil humain, il faut au maximum que le cercle oculaire présente un diamètre correspondant au diamètre maximal de la pupille qui est de  $a_{\max}=6\text{mm}$  et au minimum que ce cercle oculaire présente un diamètre  $a_{\min}=0,4\text{mm}$ .

8. Faire l'application numérique pour le diamètre du cercle oculaire avec les deux oculaires et vérifier que la lunette est correctement conçue dans les deux cas.