

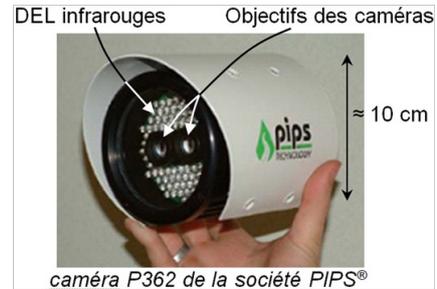
Problème 1 : Dimensionnement des caméras du réseau de surveillance urbain londonien.

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

Pour diminuer le nombre de véhicules circulant dans le centre ville et réduire ainsi les embouteillages, la pollution et le bruit qu'ils engendrent, plusieurs grandes agglomérations (Londres, Singapour, Stockholm) utilisent un système de péage urbain.

Le système londonien, appelé London Congestion Charge (mis en place en 2003) utilise un réseau de 500 caméras installées à chaque point permettant d'entrer ou de sortir de la zone payante. Les images obtenues sont ensuite analysées par un algorithme de lecture automatique des plaques d'immatriculation qui génère une liste des véhicules ayant circulé dans le centre ville, ce qui déclenche la facturation d'une taxe.

Le modèle de caméra retenu pour effectuer cette lecture comporte deux caméras identiques : l'une enregistrant dans le domaine visible et l'autre dans le proche infrarouge grâce à un filtre stoppant les radiations visibles. Un ensemble de diodes électroluminescentes (DEL) émettant des flashes de longueurs d'onde respectives 810nm et 950nm entoure les caméras et permet d'illuminer la plaque d'immatriculation.



Les spécifications du constructeur sont les suivantes :

Le capteur CCD de ces caméras est un rectangle de diagonale 1/4" (0,635 cm) et il est découpé en 752 x 582 pixels (largeur x hauteur) ; les pixels sont des carrés tous identiques, de côté a. Ces caméras ont une distance focale image f' fixe. Le constructeur propose différents modèles destinés à enregistrer les plaques d'immatriculation à une distance de mesure déterminée L.

Le tableau suivant résume les modèles disponibles :

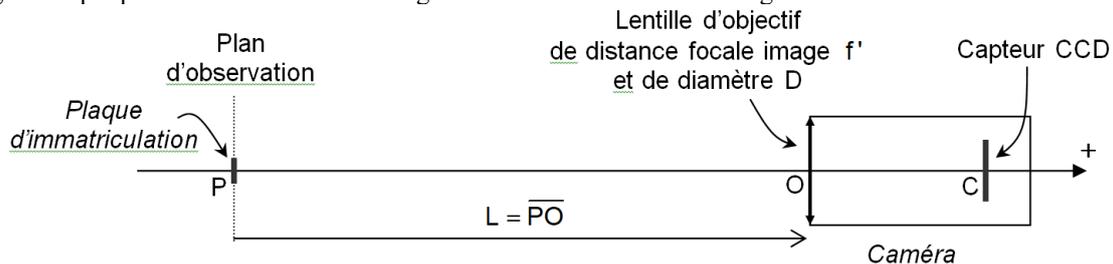
Modèle de caméra	1	2	3	4	5
Focale f' (mm)	35,0	25,0	16,0	12,0	8,00
Distance de mesure L (m)	20,0	14,5	9,0	7,0	4,5

La norme britannique concernant les plaques d'immatriculation est la suivante :

- Les plaques doivent mesurer 110mm de hauteur sur 520mm de largeur.
- Les caractères doivent avoir une hauteur de 79mm et une largeur de 50mm, l'épaisseur du trait étant fixée à 14mm.



Les caméras sont constituées d'une lentille objectif de distance focale image f' qui forme sur le capteur CCD une image de la plaque d'immatriculation. La figure suivante illustre cette configuration.



Etude de la configuration mise en place pour la lecture des plaques d'immatriculation.

3. Rappeler sans démonstration la condition portant sur la distance focale f' et la distance PC entre l'objet réel et l'image réelle pour que la conjugaison soit réalisable.
4. Exprimer la distance algébrique \overline{OC} en fonction de $L = \overline{PO}$ et f' .
5. Donner la définition du grandissement γ puis obtenir son expression en fonction de L et f' .
6. En tenant compte des valeurs numériques du tableau 2, simplifier l'expression de \overline{OC} obtenue à la question 4. Commenter.
7. Simplifier de même l'expression du grandissement γ . L'évaluer numériquement avec 3 chiffres significatifs pour les 5 modèles de caméras présentés.

Pour les questions suivantes, γ sera pris égal à la moyenne des cinq valeurs obtenues précédemment.

8. A partir des données fournies en début d'énoncé, déterminer les valeurs numériques de la largeur et de la hauteur du capteur CCD en millimètres ainsi que la valeur numérique de la longueur a du côté d'un pixel de ce capteur.
9. En déduire les dimensions du champ de vue dans le plan d'observation, c'est-à-dire les dimensions de l'objet qui sera imagé sur la caméra CCD. Est-il suffisant d'installer une caméra par rue permettant d'accéder au centre-ville ?
10. Déterminer la taille de l'image d'un des caractères de la plaque d'immatriculation sur le capteur CCD en micromètres, puis en pixels.
11. Le dimensionnement de la caméra est imposé par une valeur optimale du grandissement γ qui repose sur un compromis entre deux contraintes antagonistes : préciser lesquelles.
12. Quels problèmes se poseraient si le dispositif ne filmait que dans le domaine visible ? Quels sont les avantages à filmer une seconde image dans l'infrarouge ?

Problème 2 : Découverte de Proxima du Centaure

L'étoile Proxima Centauri a été découverte en 1915 par l'astronome britannique Robert Innes, alors directeur de l'observatoire de l'Union à Johannesburg en Afrique du Sud. C'est une étoile de type naine rouge de rayon $R_E=9,8.10^4$ km. Elle est située à $D_E=4,0.10^{13}$ km. Dans la suite du sujet, toutes les applications numériques seront faites à la longueur d'onde moyenne du visible $\lambda_{obs}=600$ nm.

Pour voir l'étoile Proxima Centauri, un instrument de type lunette de Galilée est utilisé. Il est modifié par rapport à la configuration habituelle pour faire l'image finale de l'étoile sur une plaque photographique.

- Une lentille convergente L_1 objectif, de centre optique O_1 de foyer principal objet F_1 et de foyer principal image F_1' , de distance focale image $f_1'=8,0$ m.
- Une lentille divergente L_2 de projection, de centre optique O_2 de foyer principal objet F_2 et de foyer principal image F_2' , de distance focale image $f_2'=-0,020$ m.

On étudie d'abord la lunette de Galilée non modifiée, constituée avec ces deux lentilles, qui permet d'effectuer une observation directe à l'œil.

1. Rappeler le lieu de l'image finale produite par la lunette de Galilée. Quelle approximation peut-on faire sur le lieu de l'étoile ? En déduire que le système est afocal. Déterminer alors la distance algébrique O_1O_2 séparant les deux centres optiques.
2. Réaliser la figure représentative de la lunette de Galilée constituée (sans respecter les échelles !!) et construire deux rayons bien choisis. Y placer les angles α et α' sous lesquels on voit l'objet étudié sans la lunette et avec la lunette.
3. Exprimer le grossissement G de la lunette, c'est-à-dire le rapport α'/α , en fonction de f_1' et f_2' . Faire l'application numérique et commenter le résultat obtenu.

L'instrument d'optique réellement utilisé pour l'expérience est pointé vers l'étoile Proxima Centauri.

4. Où est située l'image de l'étoile par la lentille L_1 , appelée image intermédiaire A_1B_1 ? Illustrer cette situation par un schéma.
5. Déterminer l'expression de la taille de cette image intermédiaire A_1B_1 en fonction de D_E , R_E et f_1' .

La lentille de projection L_2 , divergente, sert à faire de l'image intermédiaire A_1B_1 une image définitive $A'B'$, réelle, non inversée et agrandie d'un facteur 4,0. On note γ_2 le grandissement de la lentille L_2 .

6. Exprimer la distance algébrique O_2A_1 en fonction de γ_2 et de f_2' . Commenter le résultat.
7. Exprimer la taille de l'image finale $A'B'$ en fonction de γ_2 , D_E , R_E et f_1' . Faire l'application numérique.

En 1915, l'image définitive de l'étoile se formait sur une plaque photographique de dimension 24mm×36mm, composée de cristaux de 10 μ m de chlorure d'argent, précipité blanc qui noircit à la lumière.

8. L'image définitive de l'étoile Proxima Centauri est-elle vue comme ponctuelle ou étendue ?

La lentille L_1 présente un diamètre $D_1=50$ cm. Elle se comporte donc comme une pupille circulaire qui diffracte la lumière. Chaque point image est alors étalé sur la plaque photographique sur une largeur

$$\delta T = 2,44 \gamma_2 \frac{f_1' \lambda}{D_1}$$

9. Donner un ordre de grandeur de δT . L'image de proxima du centaure est-elle finalement vraiment ponctuelle sur la plaque photographique ? Pourquoi ce phénomène n'a-t-il eu aucun impact sur la découverte de l'étoile ?