Université Paris Ouest-Nanterre Année Universitaire 2016-2017

TD 3 : Optique

Notes du Jury INP 2009 : *Comme toujours cette épreuve est composée d'un sujet de mathématique (séparé en une partie calcul numérique et une partie géométrie), d'un sujet de chimie (séparé en chimie organique et réactivité) ainsi que d'un sujet de physique (comprenant un exercice de mécanique et un d'optique)*

1 La camera obscura

Le principe de la Camera Obscura, appelée aussi « chambre noire » est connu depuis l'Antiquité : Aristote (384 - 322 av. JC) en fit déjà la description. A partir de la Renaissance, des peintres l'utilisent dans l'élaboration de leurs tableaux : Léonard de Vinci (1452-1519) puis Vermeer (1632-1675) en particulier.

1. Schématiser la représentation suivante et tracer les rayons lumineux issus des extrémités A et B de la bougie passant dans le petit trou O (appelé « stenopé ») assimilé à un point. On appelle A' l'image de A sur la feuille de papier calque et B' celle de B.

   Que visualise l'observateur sur la feuille de papier calque ?

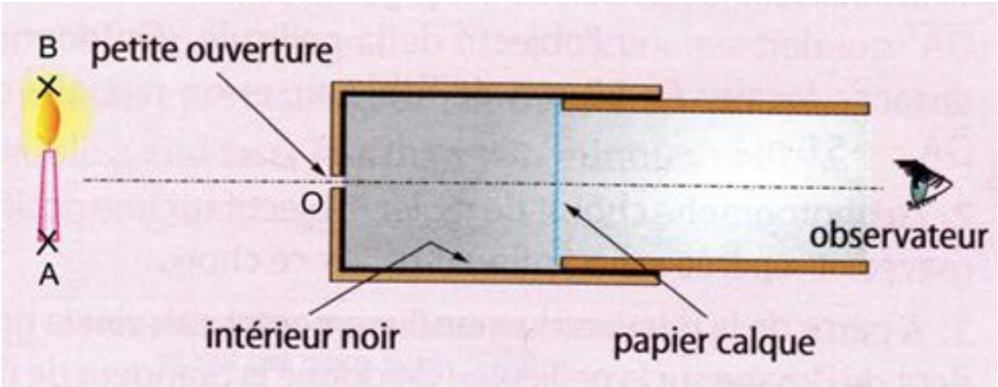


Figure 1 – La camera obscura.

2. On définit le grandissement γ par la relation $\gamma = \frac{A'B'}{AB}$
   (a) Exprimer le grandissement γ en fonction de OA' et de OA.
   (b) Si on suppose que l'objet a pour hauteur AB = 30 cm et est placé à une distance OA = 1.0 m du sténopé, déterminer à quelle distance du sténopé doit se trouver la feuille de papier calque afin de visualiser une image de hauteur 12 cm. Quelle est alors la valeur du grandissement γ ?
   (c) Que doit-on faire si on cherche à obtenir une image plus grande encore ? à quel inconvénient serait-on alors confronté ?

3. Au XVIe siècle, le cardinal italien Daniel Barbaro place une lentille mince convergente derrière le sténopé. Plus tard, on rajoutera aussi un miroir afin d'observer plus aisément les images (voir illustration ci-dessous).

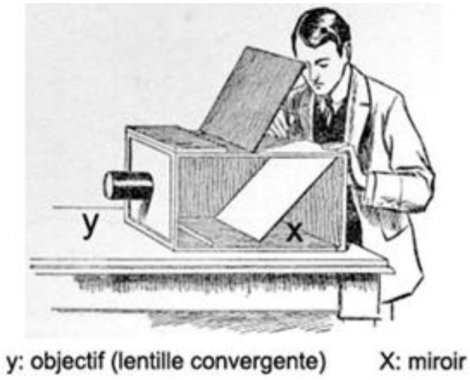


FIGURE 2 – Appareil reflex.

   (a) Etablir un schéma à l'échelle 1/20e, comportant une lentille convergente de centre O, de foyers objet F et image F', sachant que cette lentille a une vergence de valeur v = 2.5 dioptries (la lentille est de centre O et de diamètre 80 cm).
   (b) Sur ce même schéma, placer un objet de hauteur AB = 30 cm à la distance OA = 1.0 m de la lentille, le point A se trouvant sur l'axe optique de la lentille et l'objet étant perpendiculaire à cet axe.
   (c) Tracer les rayons issus de A et de B passant à travers la lentille pour former l'image A'B' sur un écran.
   (d) En utilisant le schéma, en déduire la distance OA' entre l'image et la lentille ainsi que la hauteur A'B' de l'image.
   (e) Calculer alors le grandissement γ et le comparer à la valeur obtenue à la question 2b).
   (f) A partir de la relation de conjugaison simplifiée des lentilles minces, calculer la valeur de la distance OA'. La valeur obtenue est-elle compatible avec celle mesurée au 3d) ?

   Donnée : Relation de conjugaison simplifiée des lentilles minces :

$$\frac{1}{OA'} = \frac{1}{OF'} - \frac{1}{OA}.$$

2 Les étoiles

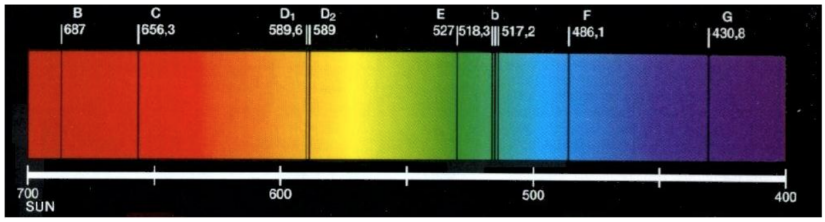
Une des méthodes les plus utilisées pour étudier une étoile demeure la spectrométrie, c'est-à-dire, l'étude de son spectre lumineux.

1. L'observation du spectre lumineux du Soleil, ou spectre de la lumière blanche, est expliquée par Isaac Newton en 1671, dans son livre Opticks.
   (a) Citer un système permettant de visualiser un spectre lumineux.
   (b) Le spectre de la lumière blanche est dit « continu » : expliquer ce terme.
   (c) En comparant les spectres donnés dans le document A ci-joint, comparer la température des étoiles Véga et Arcturus à celle du Soleil.

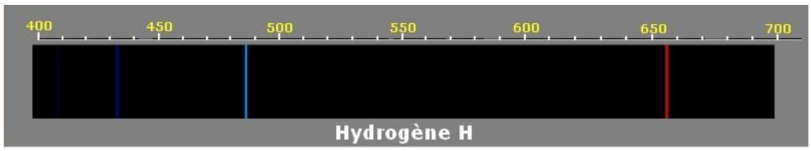
2. En 1814, le physicien allemand Fraunhofer observe des raies noires très fines dans le spectre solaire.
   (a) Quelle est la nature de ces raies noires ? Quel renseignement nous donnent-elles ?
   (b) En utilisant le document B ci-joint et en expliquant votre raisonnement, préciser si les éléments hydrogène et mercure sont présents dans la chromosphère du Soleil.

Document A

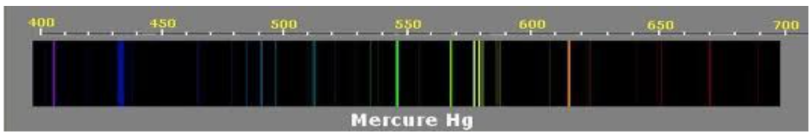
Document B



spectre du Soleil



spectre d'émission de l'élément hydrogène

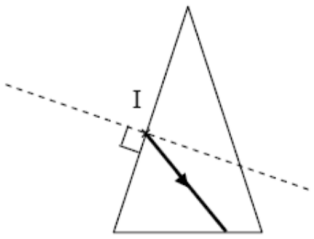


spectre d'émission de l'élément mercure

FIGURE 3 – Document A et B

3 Le prisme

1. Le verre d'un prisme a un indice n=1,60 pour un rayon lumineux rouge. Le rayon incident arrive en traversant l'air en I et fait, après réfraction, un angle de 30° avec la normale.
   (a) Ecrivez la loi de Snell-Descartes liant l'angle d'incidence (noté i) et l'angle de réfraction (noté r).
   (b) Déduisez-en la valeur de l'angle d'incidence.
   (c) Sur la figure donnée ci-dessous, tracez le rayon incident.
   (d) Complétez la figure grâce à une légende en utilisant les mots : normale, dioptre, rayon incident, i, rayon réfracté, r.
   (e) Imaginons maintenant que le rayon lumineux arrive avec le même angle d'incidence mais soit bleu au lieu de rouge. Comment devrait-on modifier la figure ? Pourquoi ?



4 Couleur et lumière

1. (a) Après avoir rappelé les couleurs primaires, indiquer si celles-ci seront modifiées ou non par une couche de vernis non oxydé (incolore).
   (b) Compte tenu que le vernis oxydé induit une coloration jaunâtre, comment apparaîtront les pigments bleus, rouges et noirs avant dévernissage ?
   (c) Sur un schéma, dessiner le trajet d'un rayon lumineux rencontrant la couche de vernis, puis la couche picturale. Rappeler les phénomènes optiques mis en jeu et le nom des lois les illustrant.
2. Ce fut Isaac Newton qui, au 17è siècle, démontra pour la première fois que la couleur est « une propriété innée de la lumière »
   (a) Citez un phénomène naturel qui correspond à la dispersion de la lumière blanche.
   (b) Il est possible de produire toutes les couleurs à partir des trois couleurs primaires. Citez ces trois couleurs ainsi que les trois couleurs secondaires.
   (c) Prenons le cas d'un citron qui est éclairé par une lumière blanche obtenue à partir des trois couleurs primaires. Il apparaît jaune. Précisez les couleurs primaires qui permettent d'obtenir une lumière jaune.
   Nommez les couleurs qui sont : a) totalement absorbée(s) par le citron, b) partiellement diffusée(s) par le citron.
   (d) De quelle couleur apparaîtra le citron s'il est éclairé par : a) une lumière rouge ? b) une lumière bleue ? Justifiez vos réponses.