

**Examen Phys102 « Lumière, image, couleurs »
8 janvier 2019, de 16h30 à 18h30**

*Les copies doivent être rendues anonymes.
Documents non autorisés. Calculatrices de type collège ou en mode « examen » acceptées.
Smartphones, tablettes, objets connectés interdits.
Le sujet comporte 3 parties indépendantes. Il comprend 5 pages.
Barème indicatif : exercice 1 sur 5, problème 2 sur 15 (A sur 7, B sur 8).
L'annexe page 5 est à détacher et à rendre avec la copie.
Veillez recopier votre numéro d'anonymat sur chaque annexe et feuille supplémentaire.*

Exercice 1 : Spectroscopie d'une nébuleuse

NGC 40, aussi appelé la **nébuleuse du nœud papillon** est une nébuleuse planétaire située dans la constellation de Céphée. Elle a été découverte le 25 novembre 1788 par William Herschel. Composée de gaz chaud éjecté par l'étoile mourante qui se trouve au centre, elle mesure environ une année-lumière de diamètre. Les scientifiques estiment que d'ici 30 000 ans elle aura disparu, laissant uniquement une naine blanche à peu près de la taille de la Terre (Source : Wikipedia).

Ci-dessous (Figure 1) est représenté le spectre d'émission de NGC 40, entre 3500 et 8000 Angström (Å).

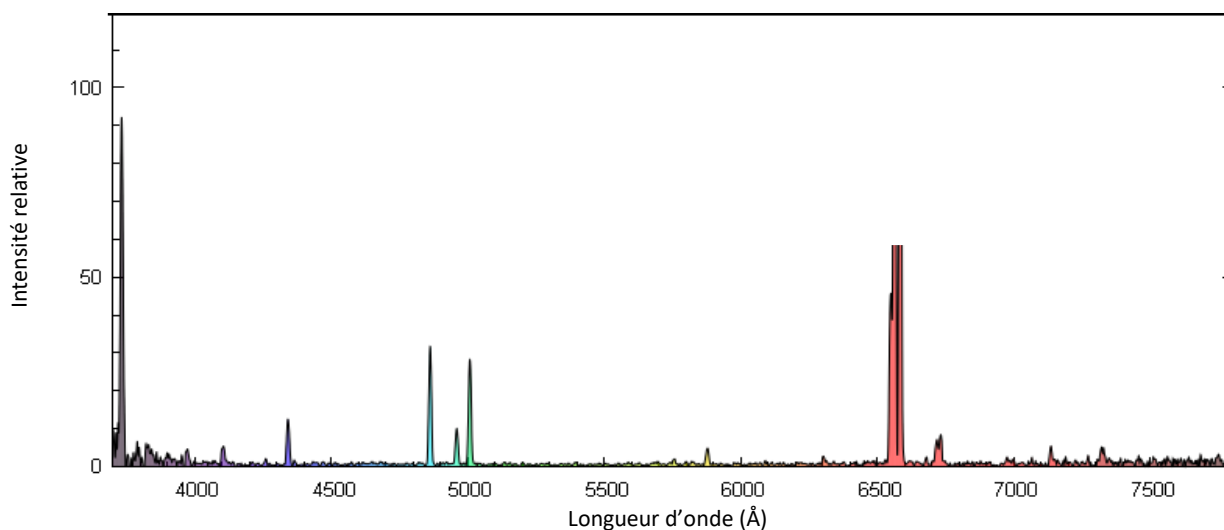


Figure 1 : spectre de NG 40.

On rappelle les valeurs suivantes de l'indice de réfraction n en fonction de la longueur d'onde dans le vide pour un prisme standard de verre :

Longueur d'onde dans le vide (nm)	Indice n
400	1.5242
600	1.5095
800	1.5043

- 1) Faites sur votre copie et à la règle un grand schéma légendé montrant la décomposition d'un faisceau de lumière blanche par un prisme. On indiquera les trajets suivis par une radiation rouge et une radiation bleue faisant partie du faisceau incident de lumière blanche. On veillera à tracer les normales à chaque point d'incidence et à respecter qualitativement les lois de la réfraction sur les 2 dioptries traversés. Indiquez sur votre schéma l'angle de déviation de la radiation bleue, D_{bleu} , et celui de la radiation rouge, D_{rouge} . Justifiez vos réponses.
- 2) Rappelez les domaines de longueur d'onde correspondant à l'ultra-violet, le visible et l'infrarouge.
- 3) Quelles sont les couleurs principales émises par NGC 40 ? Justifiez votre réponse.
- 4) Quelle serait la couleur résultante de NGC 40 observée dans le visible ? Justifiez votre réponse.
- 5) Quelle serait la couleur de NGC 40 observée avec un filtre jaune ? Justifiez votre réponse.

Problème 2 : Etude de quelques aspects d'un appareil photo réflex numérique

Aucune connaissance spécifique sur l'appareil photographique n'est nécessaire pour traiter ce problème.

Le principe d'un appareil photographique réflex est présenté sur la figure 2. La lumière provenant d'un objet à photographier pénètre dans l'appareil par l'objectif, constitué d'un ensemble de lentilles, puis rencontre un miroir plan pivotant. Pour la mise au point, le miroir est à 45° de l'axe horizontal. Dans cette position, il redirige donc la lumière vers le haut de l'appareil. Celle-ci traverse une plaque de verre (verre de visée) puis une lentille collectrice, avant d'atteindre un *prisme en toit* (ou pentaprisme) qui redresse l'image de façon à ce qu'elle soit vue à l'endroit dans le viseur par l'œil du photographe, qui peut alors réaliser la mise au point. Lors du déclenchement de la prise de vue, le miroir pivote sur son axe et se trouve horizontal. La lumière collectée par l'objectif se dirige donc directement vers le capteur dans ce cas.

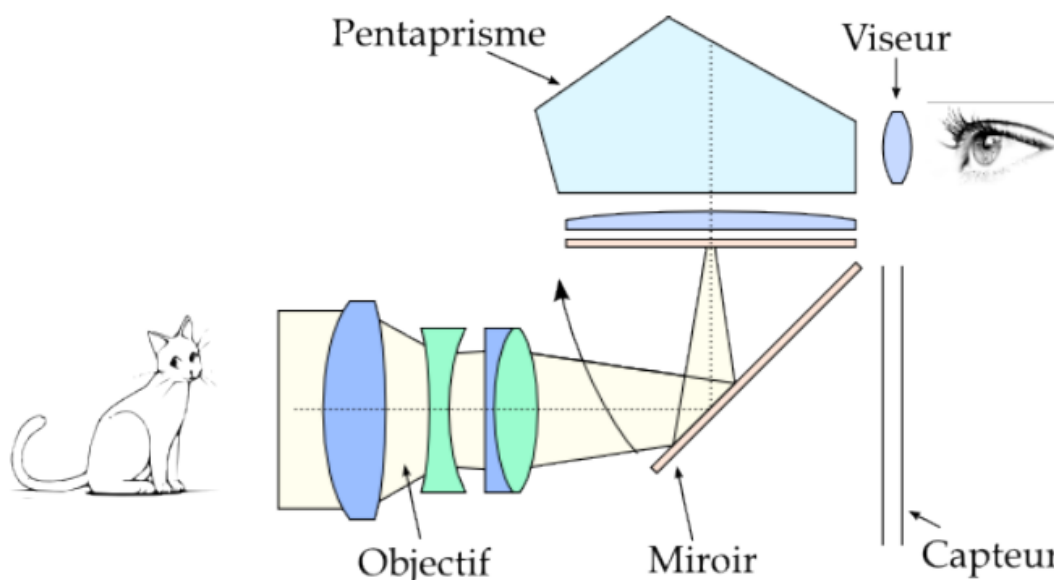


Figure 2 : Principe d'un appareil réflex.

A- Etude du pentaprisme

L'objet de cette question est l'étude du trajet d'un rayon dans *le prisme en toit* permettant de redresser l'image pour qu'elle soit vue droite à travers le viseur. Le prisme en toit est reproduit figure 3 en annexe page 5 (*attention, les angles ne sont pas respectés sur ce schéma*). Il est constitué de verre d'indice $n=1,5$. Deux de ses dioptrés (BC et DE) sont métallisés avec une fine couche d'aluminium et se comportent comme des miroirs plans. Un rayon lumineux arrive en H du bas, perpendiculairement à la base horizontale AE du prisme.

A-1) Question préliminaire 1 : On considère un dioptré séparant deux milieux transparents d'indice n_1 (premier milieu) et n_2 (second milieu) différents. Quelle condition (nécessaire mais non suffisante) les indices n_1 et n_2 doivent-ils satisfaire pour qu'il puisse y avoir réflexion totale sur ce dioptré ?

A-2) Question préliminaire 2 : A quelle condition sur l'angle d'incidence i y-a-t-il alors réflexion totale ? Exprimer l'angle limite de réflexion totale i_{lim} en fonction des indices n_1 et n_2 . Faire l'application numérique pour trouver la valeur de i_{lim} dans le cas d'un dioptré verre-air.

A-3) Dans le cas du prisme représenté sur la figure 3 en annexe, que vaut l'angle d'incidence i du rayon entrant avec la normale à la première surface métallisée rencontrée (dioptré BC) ? (*On ne cherchera pas à mesurer cet angle sur le schéma.*) On notera I le point d'incidence du rayon sur ce dioptré BC.

A-4) Montrer qu'après réflexion sur le dioptré BC, le rayon poursuit son trajet parallèlement à la surface non métallisée DC.

A-5) Que vaut l'angle d'incidence j du rayon réfléchi par le dioptré métallisé BC avec la normale à la seconde surface métallisée (dioptré DE) ? (*On ne cherchera pas à mesurer cet angle sur le schéma.*) On notera J le point d'incidence du rayon sur ce dioptré DE.

A-6) Pourquoi est-il nécessaire de métalliser les deux dioptrés BC et DE ? (*On pourra s'aider du résultat de la question A-2 pour répondre à cette question.*)

A-7) Tracer *qualitativement* sur la figure 3, le chemin lumineux du rayon à travers le prisme et faire apparaître les points I et J, et les angles i et j . Dans quelle direction émerge-t-il du prisme (justifier) ?

B- Objectif et photographie

L'appareil photo possède un objectif que l'on assimilera à une lentille mince convergente L_1 de distance focale image $f_1' = +105$ mm. On note O le centre optique de la lentille, F_1 et F_1' ses foyers objet et image.

B-1) Rappeler la relation de conjugaison d'une lentille mince. On nommera A la position sur l'axe optique de l'objet à photographier et A' la position de l'image formée par l'objectif. Vérifier que l'image d'un objet réel A situé sur l'axe à 210 mm de l'objectif est réelle et située en A' à 210 mm du centre de la lentille.

B-2) On photographie une maison notée AB perpendiculaire à l'axe de l'objectif, de hauteur $AB = 10$ m et placée à $d = 1,0 \text{ km} \pm 0,1 \text{ km}$ de l'objectif situé en O .

- Quelle distance doit-il y avoir entre O et le capteur pour que l'image qui s'y forme soit nette ?
- On néglige l'incertitude sur f_1' . Calculer l'incertitude sur $\overline{OA'}$ par la méthode de l'encadrement.
- Quelle est la taille de l'image $A'B'$ obtenue ? On rappelle que l'expression du grandissement γ de l'image $A'B'$ d'un objet AB par une lentille mince est :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

B-3) On modifie l'appareil de la façon suivante : à 70 mm **après** la lentille convergente L_1 , on place une lentille divergente L_2 , de centre O' , de distance focale image $f_2' = -40$ mm, de foyers objet et image F_2 et F_2' . On photographie la même maison après mise au point.

- a) Faire un schéma, à l'échelle 1/2, du nouvel objectif ainsi formé. On représentera l'axe des éléments optiques, les lentilles convergente et divergente par leur symbole, les points O , F_1 , F_1' , O' , F_2 , F_2' . Les tracés des rayons ne sont pas demandés.
- b) L'image $A'B'$ de la maison par la lentille convergente devient un objet pour la deuxième lentille. De quelle nature (réelle ou virtuelle) est cet objet pour L_2 ? Justifier.
- c) En utilisant la position de l'image $A'B'$ de la maison par l'objectif obtenue à la question **B-2)**, calculer la nouvelle position de l'image $A''B''$ de la maison à travers le système des deux lentilles par rapport à O' . De quelle nature (réelle ou virtuelle) est cette image pour le système des deux lentilles ?
- d) Quel est le grandissement par la deuxième lentille ? En déduire la taille de l'image $A''B''$ obtenue par le système des deux lentilles.
- e) Quel est l'intérêt du dispositif ? Comment se nomme-t-il ?

ANNEXE à RENDRE AVEC VOTRE COPIE
Numéro d'anonymat :

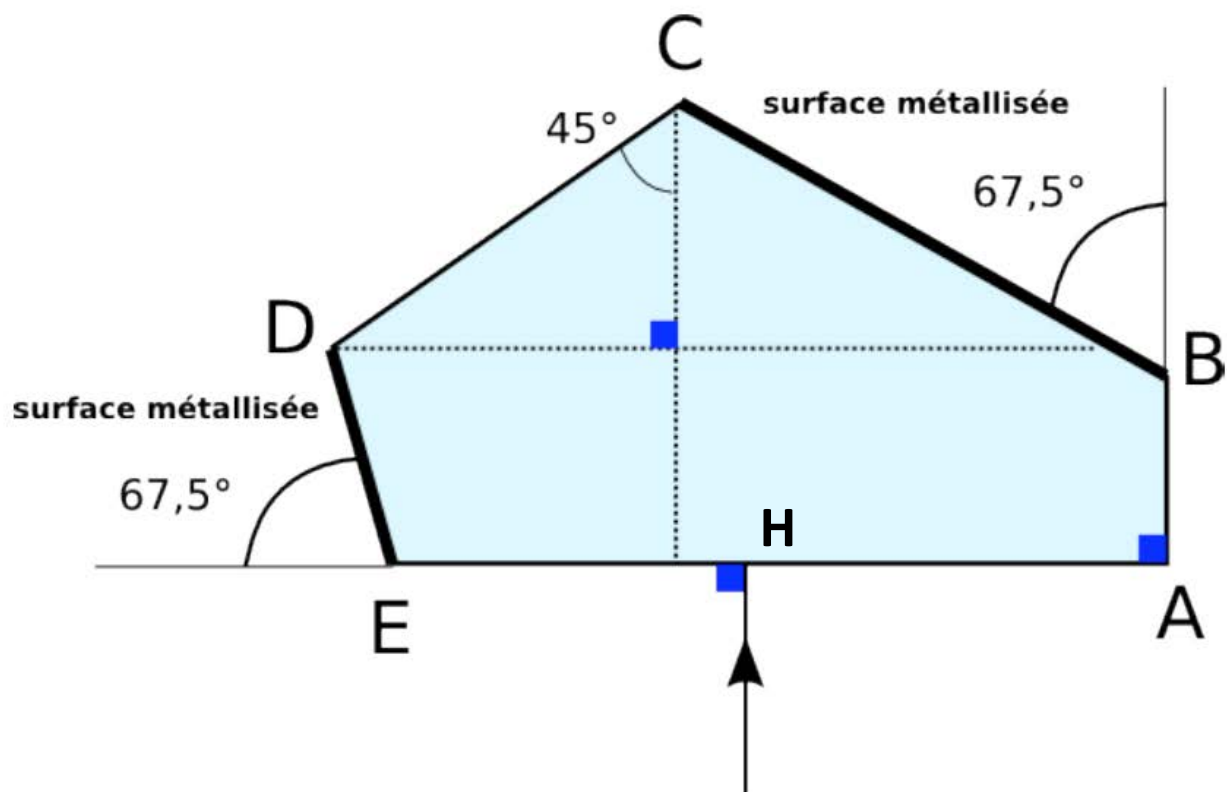


Figure 3 : Prisme en toit.