

**Examen du module Phys 102**  
**"Physique expérimentale : Optique"**  
**Seconde session, 20 juin 2018**

*La durée de l'épreuve est de 2h. Les copies doivent être rendues anonymes.  
 Les documents personnels (notes, poly...) sont interdits. Les téléphones portables doivent impérativement être rangés dans les sacs, et éteints. La calculatrice est autorisée, mais pas les ordinateurs portables.  
 Le sujet comporte 4 exercices indépendants. Il comprend 6 pages dont 3 annexes en pages 5 et 6 à détacher et rendre avec la copie, en ayant pris soin de recopier votre numéro d'anonymat.  
 Le barème est indicatif : exercice 1 sur 6, exercice 2 sur 6, exercice 3 sur 6, exercice 4 sur 3.*

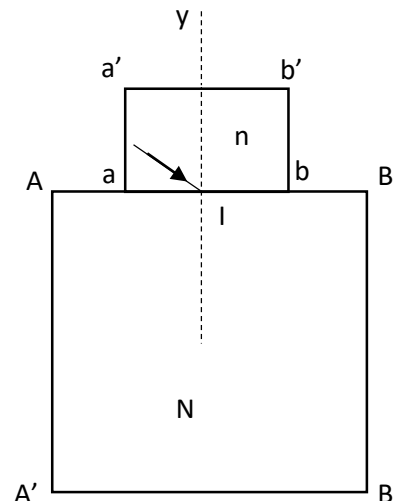
**Exercice 1 : Réfractomètre de Pulfrich** (sur 6 points)

Un prisme de verre d'indice  $N$  a la forme d'un parallélépipède rectangle dont la section droite est  $ABB'A'$ . Sur la face supérieure  $AB$  est disposée une cuve sans fond, de section  $abb'a'$  dans le même plan que  $ABB'A'$ , et contenant un liquide d'indice  $n < N$ . On étudie les rayons lumineux situés dans le plan contenant  $ABB'A'$  (voir figure 1 ci-contre). L'ensemble est dans l'air (on considère l'indice de l'air égal à 1).

On éclaire le dispositif avec un faisceau de lumière monochromatique, de sorte que les rayons arrivent tous en  $I$ , avec des angles d'incidence variant de  $0$  à  $90^\circ$ .

Les rayons réfractés pénètrent dans le prisme en  $I$  et on s'intéresse à ceux qui sortent directement par la face  $BB'$  (par un point noté  $J$ ).

**Figure 1 : Réfractomètre de Pulfrich**



1) Sur le schéma de l'annexe 1 (page 5), tracer le chemin du rayon lumineux incident passant par  $I$  représenté. Indiquer le point d'incidence  $J$  sur la face  $BB'$ . Indiquer les angles  $i_1, i_2, i_3, i_4$  correspondant respectivement à l'angle d'incidence sur  $I$ , à l'angle de réfraction en  $I$ , à l'angle d'incidence sur  $J$  et à l'angle de réfraction sur  $J$ .

2) Ecrire la loi de Snell-Descartes concernant la réfraction en  $I$ .

3) Donner la condition sur  $\sin i_3$  pour que le rayon puisse ressortir du prisme en  $J$  et écrire la loi de Snell-Descartes en  $J$  lorsque cette condition est vérifiée.

4) Donner la relation simple entre  $i_2$  et  $i_3$ .

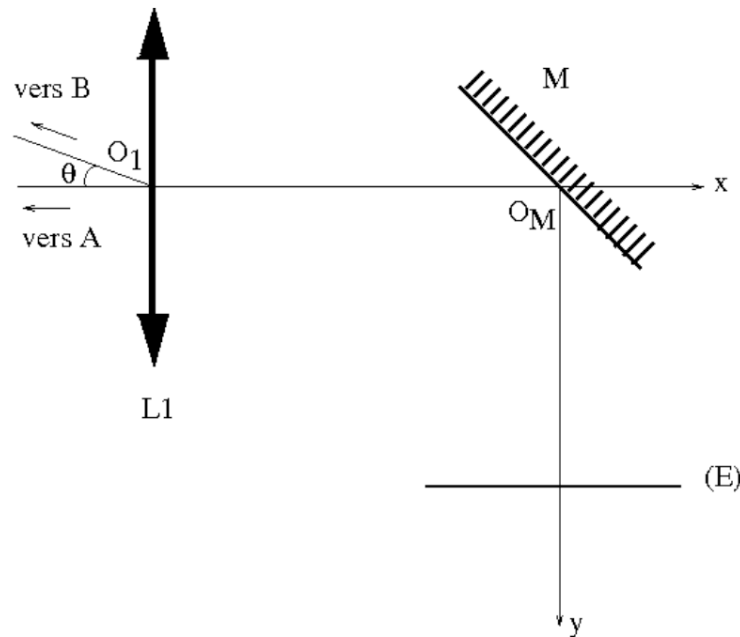
5) En utilisant les réponses aux questions précédentes, montrer que  $\sin^2 i_4 = N^2 - n^2 \sin^2 i_1$ .

6) Sur l'annexe 1, tracer la propagation du rayon particulier ayant une incidence rasante en  $I$ , c'est-à-dire passant par les points  $a$  et  $I$ . Appelons  $\alpha$  l'angle que fait ce rayon sortant par la face  $BB'$  avec  $BB'$ . Indiquer  $\alpha$  sur l'annexe 1 et montrer que  $n^2 = N^2 - \cos^2 \alpha$ .

7) Application numérique : l'indice du prisme est  $N = 1,63456$  et on mesure l'angle  $\alpha$  que fait le faisceau sortant avec  $BB'$  :  $\alpha = (51,8665 \pm 0,0083)^\circ$ . Calculer  $n$  et son incertitude  $\delta n$  et exprimer le résultat sous la forme :  $n = \dots \pm \dots$

**Exercice 2 : Lunette** (sur 6 points)

Une lunette est constituée d'une lentille **convergente L1** constituant l'objectif, de distance focale  $f'_1$  et de centre optique  $O_1$ , et d'un miroir plan **M**. Celui-ci est placé sur l'axe optique ( $O_1x$ ) de l'objectif à la distance  $d = |f'_1| / 2$  de la lentille et incliné à  $45^\circ$  par rapport à l'axe (voir figure 2 ci-dessous).



**Figure 2 :** Configuration Objectif-Miroir-Ecran. Attention : la position de l'écran (E) est indicative et ne correspond pas à celle recherchée dans le problème.

$O_M$  désigne le point où le miroir **M** coupe l'axe optique de **L1**. On cherche à former l'image de deux sources lumineuses ponctuelles A et B, situées à l'infini (très loin de la lentille). A se trouve sur l'axe optique de **L1** et les deux sources sont séparées par un petit angle  $\theta \ll 1$ .  $\theta$  correspond donc au diamètre apparent de l'objet AB, mesuré à partir du centre optique  $O_1$  de **L1**.

On cherche dans un premier temps à former une image des deux objets sur l'écran **(E)** placé parallèlement à l'axe ( $O_1x$ ) de la lunette, comme indiqué sur la figure 2.

1) Où se forment les images  $A_1$  et  $B_1$  des objets A et B à travers la lentille **L1** ?

Déterminer la distance  $p'_1 = O_1A_1$ .

2)  $A_1$  et  $B_1$  constituent-ils des objets réels ou virtuels pour le miroir **M** ? Pourquoi ?

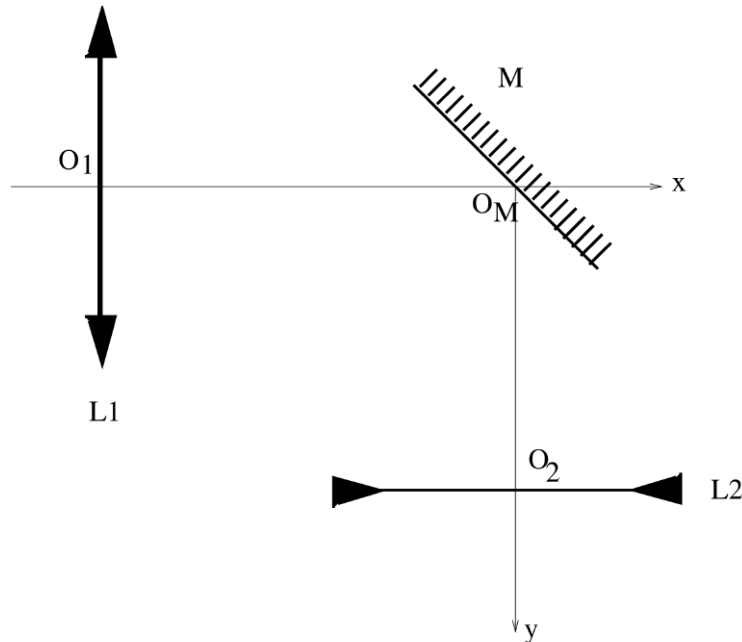
3) Déterminer la position de l'écran **(E)** afin d'obtenir deux images nettes  $A_2$  et  $B_2$  des objets A et B à travers l'ensemble objectif-miroir sur l'écran. Justifiez votre réponse et précisez la distance de l'écran jusqu'au miroir selon l'axe  $O_M y$ .

4) Sur le schéma donné page 5 en annexe 2, représenter les positions des images intermédiaires  $A_1$  et  $B_1$ , et celles des images finales  $A_2$  et  $B_2$ . Prolonger le trajet du rayon lumineux issu de B jusqu'à son image  $B_2$  sur l'écran.

5) Déterminer la taille de l'image finale  $A_2B_2$  sur l'écran en fonction de  $\theta$  et  $f'_1$ .

On remplace l'écran par un oculaire constitué d'une lentille **divergente L2**, de distance focale  $f'_2$  (voir figure 3 ci-dessous).

6) Où doit-on placer la lentille **L2** pour qu'elle forme des images **à l'infini** de  $A_2$  et  $B_2$ , afin de permettre à un observateur de les voir sans accommoder ? Justifiez votre réponse et déterminez la distance **L2-miroir** ( $O_M O_2$ ).



**Figure 3 :** Configuration Objectif-Miroir-Oculaire. Attention : la position de la lentille L2 est indicative et ne correspond pas à celle recherchée dans le Problème.

### Exercice 3 : Miroir de dentiste (sur 6 points)

Un miroir de dentiste est constitué d'un miroir sphérique fixé au bout d'une tige métallique (Figure ci-contre). On rappelle que la relation de conjugaison des miroirs s'écrit :

$$\frac{1}{\overline{SA'}} + \frac{1}{\overline{SA}} = \frac{2}{\overline{SC}}$$

avec S le sommet du miroir et C son centre de courbure. A est la position de l'objet sur l'axe optique, et A' celle de l'image de A par le miroir, elle aussi située sur l'axe optique.



- 1) Mesurer sur le schéma de l'annexe 3 en page 6 (schéma à l'échelle 1:1) la distance focale  $f' = \overline{SF}$  de ce miroir. Ce miroir est-il concave ou convexe ? Positionnez le centre C de ce miroir (justifier vos réponses). Le miroir est positionné par le dentiste derrière la dent, assimilée à un objet AB perpendiculaire à l'axe optique du miroir.
- 2) Réaliser sur le schéma de l'annexe 3 la construction de l'image A'B' de la dent par le miroir en traçant la propagation d'au moins 3 rayons particuliers. Indiquer sur chaque rayon tracé le sens de sa propagation avant et après réflexion.
- 3) Mesurer sur le schéma de l'annexe 3 la position algébrique  $\overline{SA}$  de l'objet AB. À partir de la relation de conjugaison des miroirs rappelée ci-dessus, calculez la position algébrique  $\overline{SA'}$  de l'image A'B'.
- 4) L'image A'B' de AB est-elle réelle ou virtuelle, droite ou inversée, plus petite ou plus grande que la dent (justifiez vos réponses) ?

La pupille de l'œil du dentiste est représentée par le point P sur la figure de l'annexe 3.

5) Tracer la propagation du rayon issu de B, réfléchi par le miroir, et qui pénètre dans la pupille de l'œil du dentiste, assimilée à un point. Faire de même pour un rayon issu de A.

6) Indiquer sur le schéma de l'annexe 3 l'angle  $\alpha'$  sous lequel l'œil voit l'image A'B' de la dent. Donner l'expression de  $\tan \alpha'$  en fonction des points notés sur votre schéma.

7) Mesurer sur le schéma de l'annexe 3 les distances nécessaires au calcul de  $\alpha'$ . En déduire la valeur de  $\alpha'$ , exprimée en degrés.

#### Exercice 4 : Pigments et photosynthèse (sur 3 points)

Les chlorophylles sont des pigments photosynthétiques capables d'absorber l'énergie lumineuse et de la transformer en énergie chimique. La figure 4 ci-dessous présente les spectres d'absorption de 3 pigments, la chlorophylle a et b, et le bêta-carotène, obtenus avec un spectrophotomètre. Seule la chlorophylle nous intéressera dans cet exercice.

1) Donner les domaines de longueur d'onde correspondant à l'ultra-violet, le visible et l'infra-rouge.

2) Quelles sont les couleurs des différentes radiations absorbées par la chlorophylle a ? En déduire la couleur de la chlorophylle a quand elle est éclairée en lumière blanche. Justifiez votre réponse.

3) Quelle serait la couleur de la chlorophylle b éclairée par une lumière jaune ? Justifiez votre réponse à partir de son spectre d'absorption.

4) On mélange de la chlorophylle a avec un pigment rouge. Quelle est la couleur du mélange éclairé en lumière blanche (justifiez votre réponse) ? De quel type de synthèse s'agit-il ?

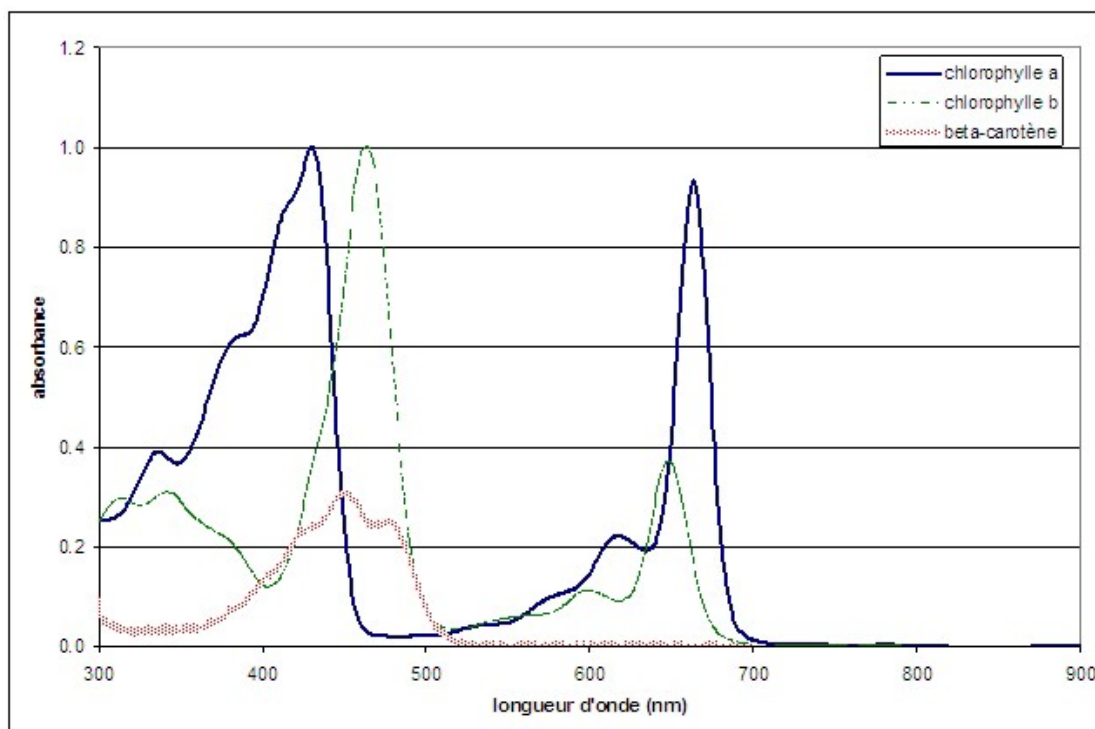
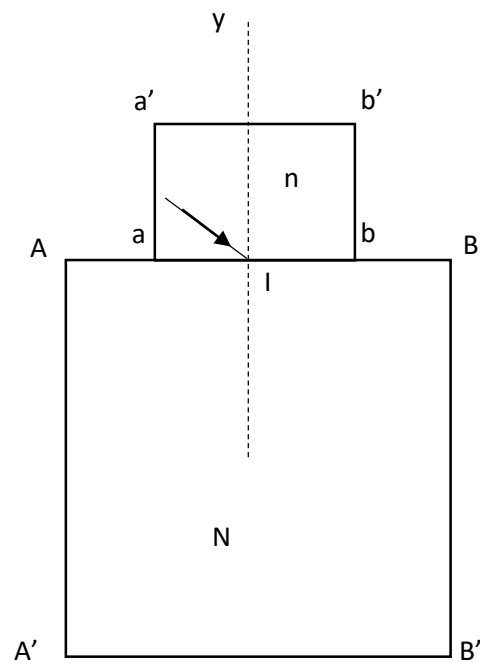


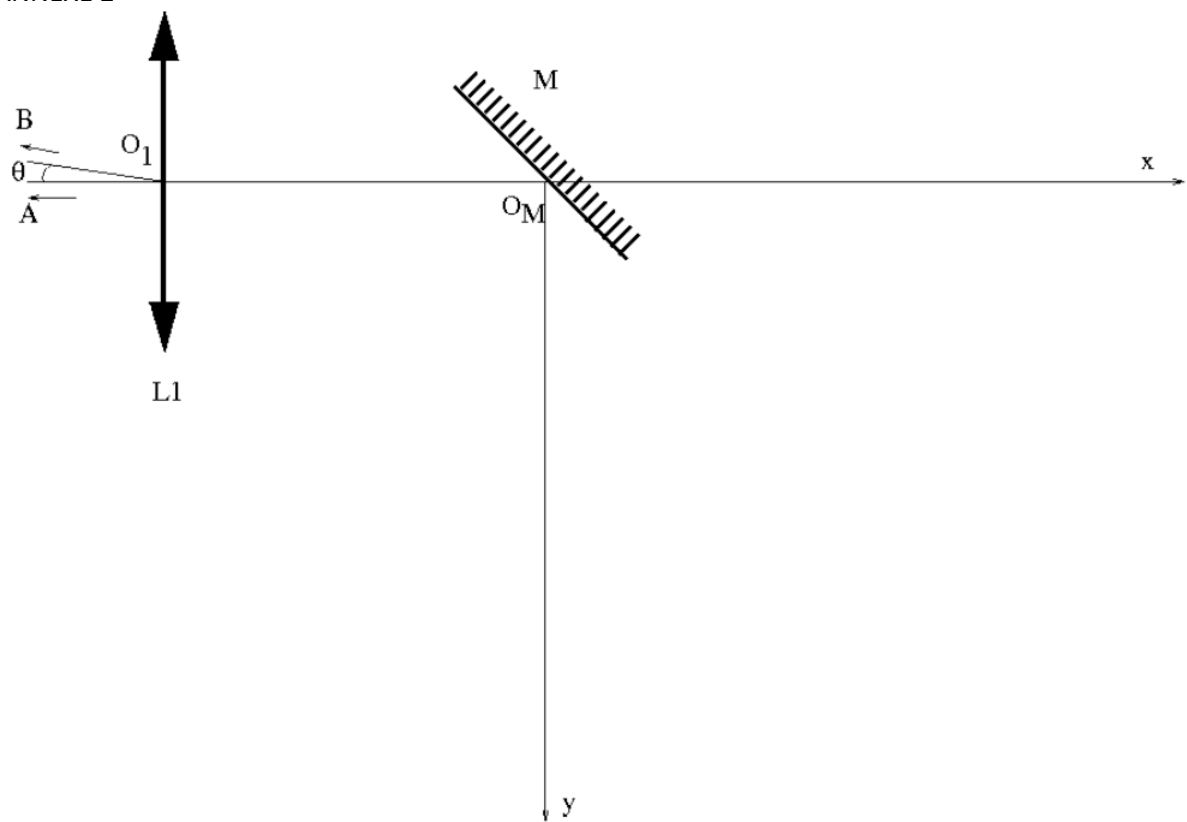
Figure 4 : Spectre d'absorbance de 3 pigments photosynthétiques.

N°ANONYMAT :

# ANNEXE 1



# ANNEXE 2



ANNEXE 3  
N° ANONYMAT :

