

Si au cours de l'épreuve un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

LA CALCULATRICE EST INTERDITE

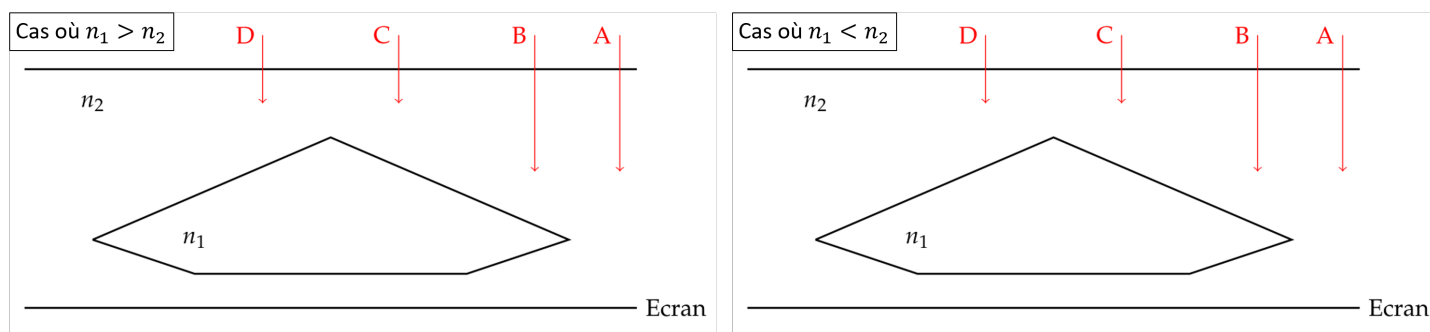
NE PAS OUBLIER DE RENDRE LE SUJET / LES ANNEXES AVEC VOTRE COPIE !

Consignes à suivre à chaque DS :

- Numérotter les pages. Numérotter les questions (inutile d'écrire les titres).
- Soigner la rédaction et la présentation : aérer la copie, encadrer ou souligner les résultats.
- Lire rapidement l'ensemble du sujet en début d'épreuve : les exercices sont indépendants et peuvent être traités dans l'ordre de votre choix.
- Pour un exercice donné, traiter et rendre les questions dans l'ordre.
- Toute application numérique ne comportant pas d'unité ne sera pas prise en compte.

I) Identification de gemmes

Un solide transparent d'indice de réfraction n_1 est plongé dans un liquide transparent d'indice de réfraction n_2 . Un faisceau lumineux parallèle large en incidence normale vient éclairer le solide et, après la traversée de ce dernier, illumine un écran situé sous le solide.



1) Sur la figure ci-dessus, tracer qualitativement l'allure du prolongement des rayons réfractés issus de A, B, C et D jusqu'à l'écran, dans les cas où $n_1 > n_2$ (figure de gauche) et $n_1 < n_2$ (figure de droite). On ne tiendra pas compte des rayons réfléchis.

2) En déduire les zones de plus forte et de plus faible intensité lumineuse sur l'écran.

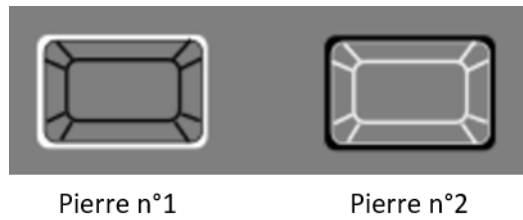
Un collectionneur de gemmes possède trois petites pierres transparentes et incolores : une moissanite, un zircon et un verre flint, ainsi qu'un flacon d'iodure de méthylène liquide. Les propriétés physiques de ces quatre substances sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Pierre	Masse volumique	Indice de réfraction
Zircon	$4,69 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$	1,95
Moissanite	$3,21 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$	2,70
Verre flint	$3,74 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$	1,64
Iodure de méthylène	$3,33 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$	1,75

Les trois pierres ont été interverties, si bien que leur propriétaire doit conduire une série d'expériences pour les reconnaître.

3) L'immersion des trois pierres dans l'iodure de méthylène permet de reconnaître immédiatement l'une des trois pierres. Laquelle ?

Les deux pierres restantes sont éclairées par un faisceau lumineux parallèle large en incidence normale. La pierre numéro 1 est entourée d'un contour brillant, et ses arêtes paraissent sombres. La pierre numéro 2 est entourée d'un contour sombre, et les arêtes paraissent brillantes.



4) En détaillant votre raisonnement, identifier les pierres numéro 1 et 2.

II) Mirage supérieur

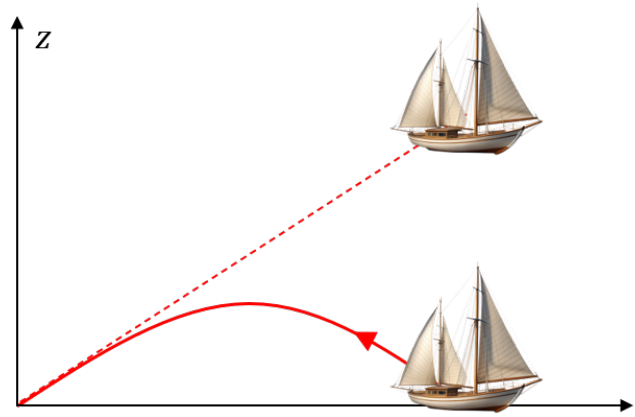
Dans le modèle géométrique de la lumière, on représente la trajectoire de l'énergie lumineuse dans un milieu d'indice de réfraction $n(M)$ au point M , par une courbe géométrique nommée rayon lumineux.

5) Rappeler les lois de Descartes et faire un dessin pour les illustrer. Au cours de quel siècle ces lois ont-elles été proposées ?

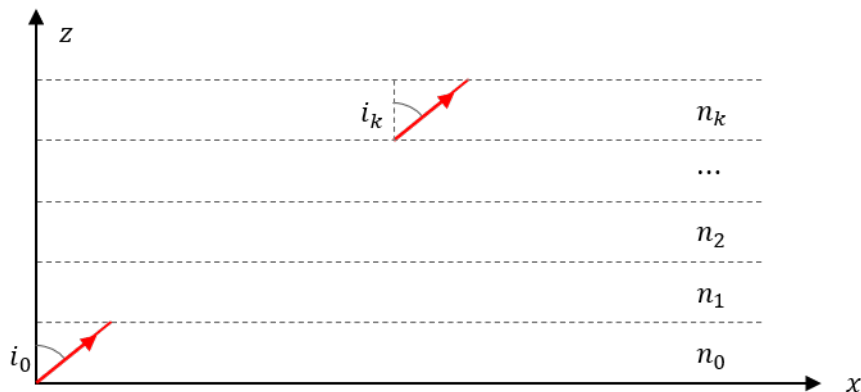
6) On considère un dioptré délimitant deux milieux d'indices constants n_1 et n_2 . Expliquer la notion de réflexion totale. Démontrer qu'il existe un angle d'incidence limite i_{lim} pour la réfraction. On exprimera i_{lim} en fonction de n_1 et n_2 .

L'indice optique de l'air dépend de la température. Ainsi, lorsque la température n'est pas homogène, alors l'indice optique varie. C'est ce phénomène qui donne naissance aux mirages.

Un mirage supérieur survient lorsque l'air proche du sol est plus froid qu'en hauteur. C'est notamment le cas en mer, où cette dernière refroidit les couches d'air proches de sa surface. Le gradient de température courbe les rayons lumineux et notre cerveau, qui pense que les rayons ont voyagé en ligne droite, peut alors se représenter un bateau flottant dans les airs.



On étudie la trajectoire d'un rayon lumineux dans un milieu non homogène le long d'une direction. On considère le milieu stratifié représenté sur la figure ci-dessous : chaque couche horizontale est repérée par un entier k , toutes les couches ont la même épaisseur et l'indice n_k de la couche k est constant. On suppose finalement que n_k décroît lorsque k augmente, c'est-à-dire $n_{k+1} < n_k$.



7) Reproduire le schéma sur la copie et dessiner qualitativement la trajectoire du rayon lumineux dans les couches d'indice $k = 1, 2$ et 3 .

8) Montrer que la quantité $C = n_k \sin(i_k)$ est constante $\forall k \in \mathbb{N}$.

9) Déterminer une inégalité reliant n_0 , i_0 et l'indice n_K de la couche K , définie comme étant la couche où le rayon lumineux ne pénètre jamais, du fait d'une réflexion totale subie à l'interface entre les couches $K - 1$ et K .

III) Le bleu de la perruche

Les intervalles de longueurs d'onde de quelques couleurs sont fournis dans le tableau ci-dessous :

Couleurs	Rouge	Orange	Jaune	Vert	Bleu	Violet
λ en nm	620 – 780	590 – 620	580 – 590	500 – 580	450 – 500	380 – 450

On donne, pour une lentille conjuguant un objet A et une image A', la relation de conjugaison avec origine aux foyers F et F' :

$$\overline{FA} \times \overline{F'A'} = -f'^2$$

À l'origine, la couleur des perruches à l'état sauvage est verte, mais la captivité chez cet oiseau, souvent élevé en nombre, a permis l'émergence de nouvelles couleurs, comme le bleu (figure 1). C'est notamment l'appauvrissement en pigments jaunes dans son plumage qui est indirectement responsable de cette coloration si particulière et rare dans le domaine animal.

De façon schématique, une plume est constituée essentiellement d'un rachis sur lequel pousse les barbes sur lesquelles naissent des barbules (figure 1). Le long des barbules prennent naissance à leur tour des crochets.

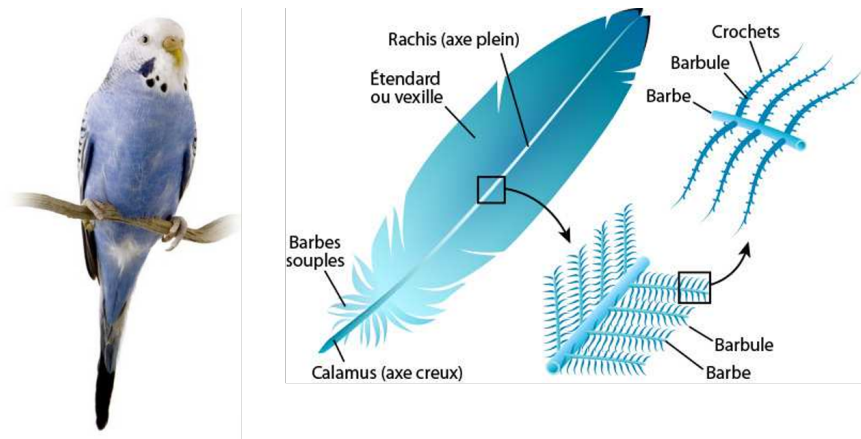


FIGURE 1 – Gauche : photographie d'une perruche bleue. Droite : schéma d'une plume.

Afin de déterminer l'origine physique de cette couleur bleue, on observe une partie AB d'une plume de perruche à l'aide d'un microscope optique.

Pour cela, on dispose :

- o d'une première lentille, L_1 (centre O_1 , distance focale $f'_1 = 1,2$ cm), qui porte le nom d'objectif ;
- o d'une deuxième lentille, L_2 (centre O_2 , distance focale $f'_2 = 2,0$ cm), qui porte le nom d'oculaire.

La distance qui sépare le foyer image F'_1 de l'objectif et le foyer objet F_2 de l'oculaire est appelée intervalle optique, noté Δ , avec ici $\Delta = 16$ cm (figure 2).

L'observation se fait à l'aide d'un œil emmétrrope (œil à vision normale) situé derrière l'oculaire.

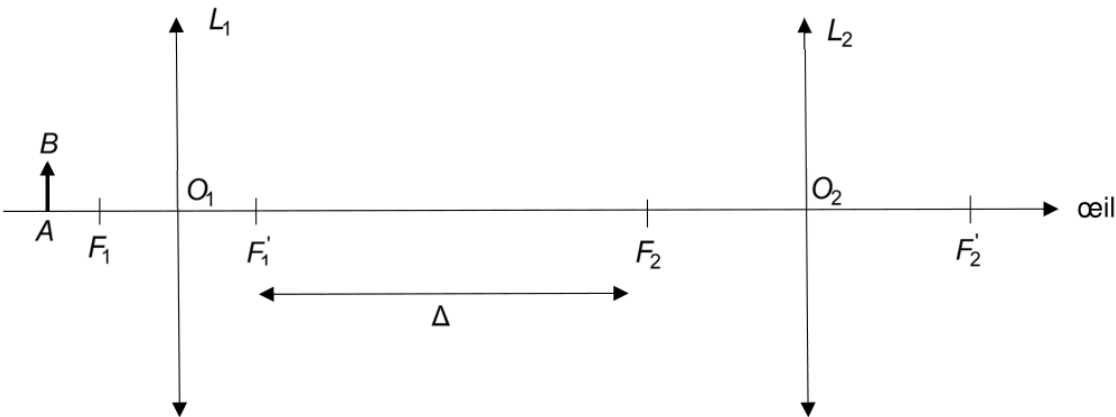


FIGURE 2 – Schéma du microscope

On se placera pour toute la suite dans les conditions de Gauss et dans l'approximation des petits angles. On note h la taille de l'objet AB observé.

10) Afin que l'observation puisse s'effectuer sans fatigue visuelle pour l'œil emmétrope, où doit être située l'image finale A_2 en sortie de L_2 ? Dans quel plan se situe donc l'image intermédiaire A_1B_1 ?

11) Reproduire le schéma du microscope de l'énoncé sur votre copie. Tracer le chemin de deux rayons lumineux passant par l'extrémité B de l'objet, l'un parallèle à l'axe et l'autre passant par O_1 . Faire apparaître sur ce schéma l'image intermédiaire A_1B_1 et le diamètre angulaire α' de l'image finale vue par l'œil.

12) Montrer que la grandeur $\gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}}$, appelée grandissement transversal de l'objectif, s'écrit :

$$\gamma_1 = -\frac{\Delta}{f'_1}$$

13) En déduire l'expression du diamètre angulaire α' de l'image vue par l'observateur au travers du microscope en fonction de f'_1 , f'_2 , h et Δ .

En l'absence de dispositif, l'œil voit net un objet situé à une distance comprise entre d_m et d_M , avec $d_m < d_M$.

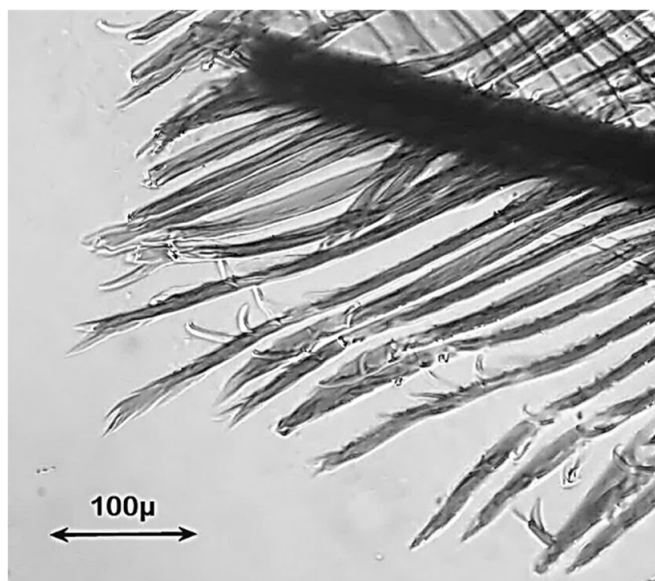
14) Quels noms donne-t-on aux points objets correspondant à ces distances ? Donner une valeur à d_m et d_M pour un œil emmétrope.

15) Déterminer le diamètre angulaire α de l'objet AB vu sans instrument et situé à une distance d_m de l'œil.

16) En déduire que la grandeur $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ appelée grossissement commercial du microscope, s'écrit $G = \frac{d_m \Delta}{f'_1 f'_2}$. Faire l'application numérique avec $d_m = 25$ cm.

17) Un œil peut distinguer deux images ou deux objets si la distance angulaire les séparant est supérieure à la limite de résolution angulaire de l'œil $\varepsilon = 1'$ (une minute d'arc). Déterminer quelle sera la distance angulaire minimale α_m entre deux objets vus au travers de ce microscope.

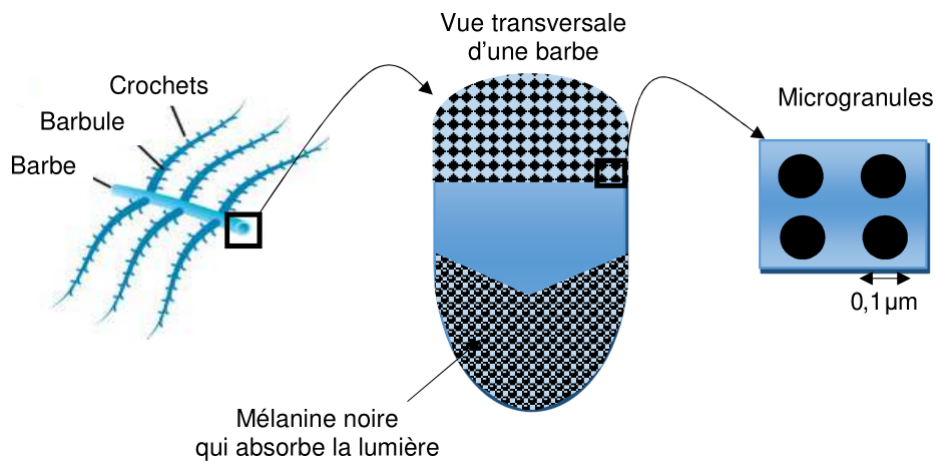
L'image d'une partie d'une plume est donnée ci-après (l'échelle indique 100 μ m).



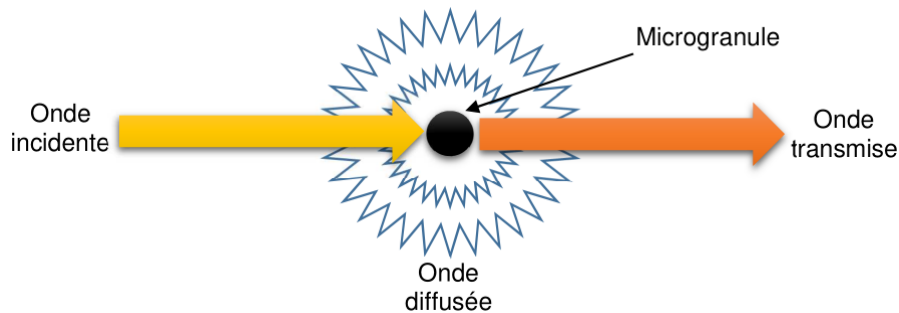
18) Par mesure sur la photo, donner une estimation de la distance entre deux crochets situés au bout des barbules.

19) Ces crochets peuvent-ils être distingués directement sans instruments ? Pourront-ils être distingués avec le microscope utilisé précédemment ?

En explorant davantage la plume, on découvre qu'à l'intérieur des barbes apparaissent des couches fines parallèles et empilées de petits grains appelés microgranules.



Ces microgranules de petite taille sont responsables d'une diffusion de la lumière incidente.



La puissance moyenne diffusée à travers une sphère, de centre une microgranule, est donnée par la formule : $\mathcal{P} = \alpha f^4$ avec α une constante de proportionnalité et f la fréquence du rayonnement incident.

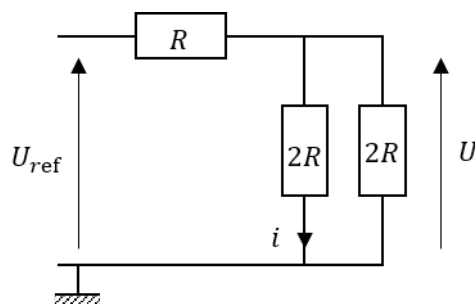
20) Expliquer alors la couleur bleue prise par le plumage de la perruche lorsqu'elle est éclairée en lumière blanche. Que deviennent les radiations non diffusées ?

IV) Convertisseur numérique - analogique

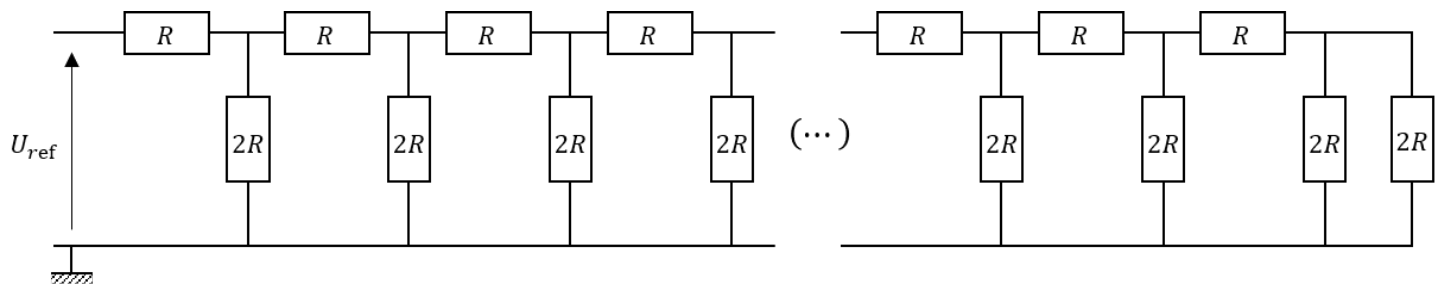
Un Convertisseur Numérique Analogique ou CNA convertit un nombre binaire en une tension ou un courant proportionnel à ce nombre. Nous allons présenter ici une des solutions techniques : le CNA à réseau.

Travail préliminaire

On considère le circuit ci-dessous.

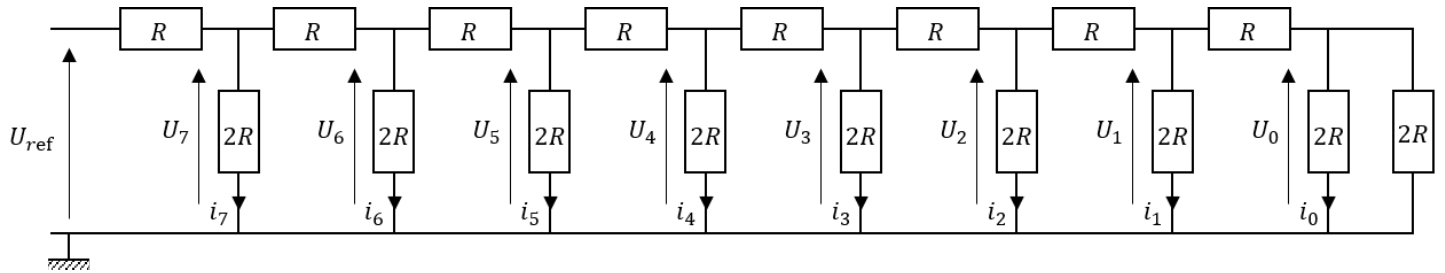


- 21) Déterminer la résistance équivalente de l'ensemble.
- 22) Déterminer la tension U et le courant i en fonction de U_{ref} et R
- 23) Déterminer la résistance équivalente du montage ci-dessous.



Étude du circuit de base du convertisseur

Le convertisseur numérique-analogique 8 bits dit en réseau repose sur le montage ci-dessous.



24) Déterminer l'expression de la tension U_7 en fonction de R et U_{ref} . En déduire celle du courant i_7 .

25) Déterminer l'expression des tensions U_k et des courants i_k pour tout k .