Etude d'un écran de smartphone

Bac S 2018 Antilles-Guyane rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Citer deux propriétés du laser.

La lumière émise par un laser est **monochromatique** : elle ne contient qu'une seule longueur d'onde.

Le faisceau est **très directif** : il reste fin, il diverge très peu.

Lumière monochromatique et faisceau très directif.

COMPRENDRE
Autres réponses acceptées : lumière cohérente, énergie concentrée sur une petite surface. Les propriétés du laser figuraient au programme de Terminale S ; elles ne sont plus exigibles en spécialité aujourd'hui.

1.2 Donner, en le justifiant, un ordre de grandeur possible de la largeur a du miroir pour observer une figure de diffraction en lumière visible.

La diffraction est nettement observable quand la dimension de l'obstacle est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde, ou jusqu'à une centaine de fois plus grande.

Dans le visible, λ est comprise entre 400 nm et 800 nm, soit un ordre de grandeur de 10^{-6} m. La largeur a peut donc aller d'environ $1\ \mu\text{m}$ à $100\ \mu\text{m}$.

Ordre de grandeur possible : $a \approx 10^{-5}$ m (quelques dizaines de micromètres).

PIÈGE
Répondre « a doit être inférieure à λ ». La diffraction s'observe encore très bien pour a de l'ordre de $100\,\lambda$: une fente de 50 µm diffracte un faisceau laser.

1.3 Rappeler la relation entre le demi-angle θ, la largeur a du miroir et la longueur d'onde λ. En déduire le laser utilisé pour chaque figure de diffraction.

Relation : $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$, avec θ en radian, λ et a en mètre.

Le miroir est le même pour les deux figures : θ est proportionnel à λ.
Comme $\lambda_{\text{rouge}} > \lambda_{\text{vert}}$, on a $\theta_{\text{rouge}} > \theta_{\text{vert}}$.

À distance D égale, plus θ est grand, plus la tache centrale est large.
Sur la figure 2, la tache centrale de la figure n°2 est la plus large.

Figure n°2 : laser rouge ; figure n°1 : laser vert.

COMPRENDRE
La figure 2 est en couleurs, mais la réponse attendue repose sur la largeur des taches : il faut raisonner avec $\theta = \lambda/a$, pas seulement constater la teinte.

1.4 Le laser rouge a une longueur d'onde de 632,8 nm. En déduire la longueur d'onde du laser vert.

Données utiles $\lambda_{\text{rouge}} = 632{,}8$ nm ; mesures sur la figure 2 : $L_{\text{vert}} \approx 1{,}5$ cm et $L_{\text{rouge}} \approx 1{,}8$ cm

Sur la figure 1, dans le triangle rectangle de côtés D et $\frac{L}{2}$: $\tan\theta = \frac{L}{2D}$. L'angle est petit, donc $\tan\theta \approx \theta$ et $\theta = \frac{L}{2D}$.

Avec $\theta = \frac{\lambda}{a}$: $\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$, soit $\lambda = \frac{a\,L}{2D}$.

a et D sont identiques pour les deux expériences, donc λ est proportionnelle à L :

$$\frac{\lambda_{\text{vert}}}{\lambda_{\text{rouge}}} = \frac{L_{\text{vert}}}{L_{\text{rouge}}} \quad \text{soit} \quad \lambda_{\text{vert}} = \lambda_{\text{rouge}} \times \frac{L_{\text{vert}}}{L_{\text{rouge}}}$$

Les deux figures sont à la même échelle : on mesure à la règle la largeur de chaque tache centrale, entre les milieux des deux premières extinctions.

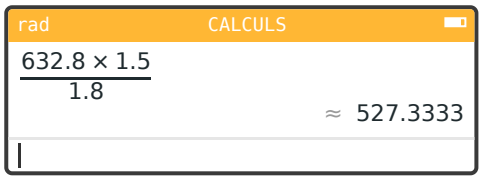
$$\lambda_{\text{vert}} = 632{,}8 \times \frac{1{,}5}{1{,}8} = 527 \text{ nm}$$

$\lambda_{\text{vert}} \approx 5{,}3 \times 10^2$ nm

COMPRENDRE
Les largeurs sont mesurées avec deux chiffres significatifs : le résultat n'en garde que deux, même si λ_{rouge} en compte quatre. La valeur obtenue est bien dans le domaine du vert.

MÉTHODE
Quand a et D sont inconnues mais communes aux deux expériences, former un rapport : elles s'éliminent, et les largeurs peuvent rester en centimètres mesurés sur le sujet.

À LA CALCULATRICE



2.1 Déterminer le plus précisément possible la distance i entre deux points lumineux.

Données utiles figure 4 : quadrillage et échelle 1 cm

Pour réduire l'incertitude de lecture, on mesure la plus grande distance possible : sur la ligne horizontale centrale, on compte 7 points lumineux, donc 6 intervalles.

Avec l'échelle de la figure 4 (un petit carreau du quadrillage correspond à 0,5 cm), la distance entre les centres des deux points extrêmes vaut $6\,i \approx 8{,}9$ cm.

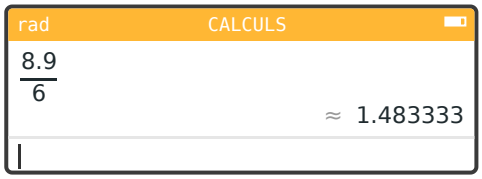
$$i = \frac{8{,}9}{6} = 1{,}48 \text{ cm}$$

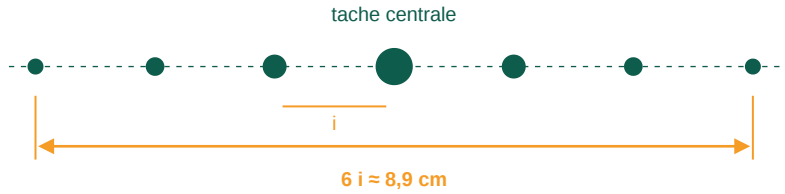
$i \approx 1{,}5 \text{ cm} = 1{,}5 \times 10^{-2}$ m

PIÈGE
Compter 7 intervalles pour 7 points : il n'y en a que 6. Mesurer un seul intervalle ne répond pas à « le plus précisément possible ».

MÉTHODE
Mesurer N intervalles puis diviser par N divise aussi l'incertitude de lecture par N. Viser le centre des taches, pas leur bord.

À LA CALCULATRICE





2.1 · Figure 4 : mesure de six intervalles sur la ligne centrale

2.2 En déduire que la valeur de la largeur d'un pixel est proche de 75 µm.

Données utiles $D = 1{,}74$ m ; $\lambda = 632{,}8$ nm ; $i = 1{,}48 \times 10^{-2}$ m (2.1)

De $i = \dfrac{\lambda D}{a}$ on tire $a = \dfrac{\lambda D}{i}$.

$$a = \frac{632{,}8 \times 10^{-9} \times 1{,}74}{1{,}48 \times 10^{-2}} = 7{,}4 \times 10^{-5} \text{ m}$$

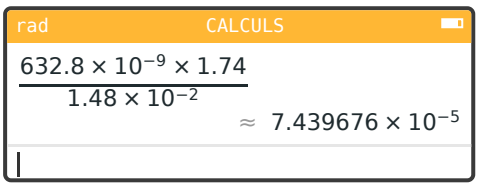
Les pixels sont des carrés accolés : la distance entre les centres de deux pixels voisins est égale à la largeur d'un pixel.

$a \approx 74\ \mu$m, valeur proche de 75 μm.

PIÈGE
Laisser λ en nanomètre ou i en centimètre : tout doit être en mètre. On reprend la valeur non arrondie de i (1,48 cm) pour le calcul.

COMPRENDRE
L'écran se comporte comme un réseau de petits miroirs régulièrement espacés : les ondes réfléchies interfèrent, et l'interfrange $i = \lambda D/a$ est celui des interférences, toujours au programme.

À LA CALCULATRICE



3.1 Le punctum proximum d'un œil normal est à 25 cm. Déterminer la taille du plus petit objet AB visible.

Données utiles $\alpha_{min} = 3{,}0 \times 10^{-4}$ rad ; $d = 25$ cm $= 0{,}25$ m

L'objet paraît le plus grand possible quand il est placé au plus près de l'œil, à $d = 0{,}25$ m. Il est tout juste distingué si son diamètre apparent vaut α_{min}.

Dans le triangle rectangle formé par AB et la distance d : $\tan \alpha_{min} = \dfrac{AB}{d}$. L'angle est très petit, donc $\tan \alpha_{min} \approx \alpha_{min}$ (en radian) :

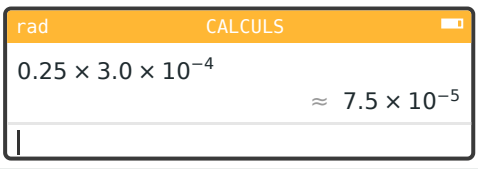
$$AB = d \times \alpha_{min} = 0{,}25 \times 3{,}0 \times 10^{-4} = 7{,}5 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$AB = 75\ \mu$m

PIÈGE
Calculer une tangente avec la calculatrice réglée en degrés : l'angle est donné en radian. Convertir aussi 25 cm en mètre.

COMPRENDRE
Le pouvoir séparateur de l'œil n'est plus au programme de spécialité : ici, tout est fourni par l'énoncé et la question se réduit à de la trigonométrie aux petits angles.

À LA CALCULATRICE



3.2 Déterminer la distance entre les centres de deux pixels successifs du smartphone, dont la notice indique une résolution de 367 ppp.

Données utiles 367 pixels par pouce ; 1 pouce $= 2{,}54$ cm

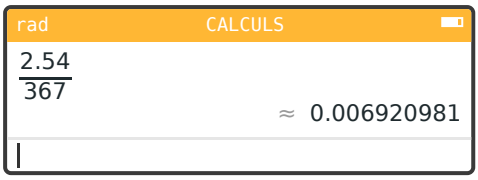
367 pixels accolés occupent une longueur de 1 pouce, soit 2,54 cm. La distance p entre les centres de deux pixels successifs est la largeur d'un pixel :

$$p = \frac{2{,}54}{367} = 6{,}92 \times 10^{-3} \text{ cm} = 6{,}92 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$p = 69{,}2\ \mu$m

COMPRENDRE
Cette valeur du constructeur est cohérente avec la mesure par interférences de la partie 2 (74 µm) : l'écart est d'environ 7 %, compatible avec la lecture de la figure 4.

À LA CALCULATRICE



3.3 Montrer qu'il est impossible à l'œil nu de distinguer deux pixels de l'écran. Cette propriété est-elle intéressante pour l'utilisation du smartphone ?

Données utiles $AB = 75\ \mu\text{m}$ (3.1) ; $p = 69{,}2\ \mu\text{m}$ (3.2)

Deux pixels voisins sont séparés de $p = 69{,}2\ \mu\text{m}$, valeur inférieure à $75\ \mu\text{m}$, plus petite distance que l'œil peut séparer, même dans le cas le plus favorable (écran à 25 cm).

Le diamètre apparent de deux pixels voisins est donc inférieur à α_{min} : l'œil les voit comme un seul point. À une distance plus grande, c'est encore plus vrai.

Cette propriété est intéressante : l'image paraît continue, sans quadrillage visible, et les trois sous-pixels d'un pixel se confondent en une seule couleur.

$p < AB$ ($69{,}2\ \mu\text{m} < 75\ \mu\text{m}$) : pixels indiscernables à l'œil nu, l'image n'apparaît pas pixellisée.

COMPRENDRE
C'est parce que l'œil ne sépare pas les sous-pixels rouge, vert et bleu que leurs lumières s'additionnent : la synthèse additive donne la couleur perçue du pixel.

4.1 Chaque pixel est codé par trois octets. Pourquoi parle-t-on d'un codage 24 bits ?

Chaque pixel est codé par 3 octets, un par sous-pixel (rouge, vert, bleu), et un octet contient 8 bits.

$3 \times 8 = 24$ bits par pixel : c'est un codage 24 bits.

COMPRENDRE
Le codage RVB des images relève aujourd'hui de l'enseignement scientifique et de SNT, plus de la spécialité.

4.2 Pourquoi parle-t-on aussi de « 16 millions de couleurs » possibles ? Calculer le nombre exact de couleurs.

Chaque bit prend 2 valeurs (0 ou 1). Avec 24 bits, le nombre de combinaisons, donc de couleurs codables, est :

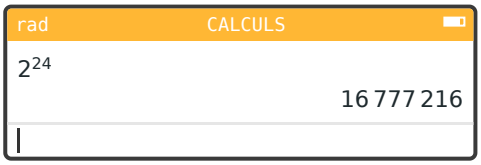
$$N = 2^{24} = 16\,777\,216$$

Autrement dit, chaque sous-pixel a $2^8 = 256$ niveaux d'intensité (de 0 à 255) et $256^3 = 16\,777\,216$.

$N = 2^{24} = 16\,777\,216$ couleurs, soit environ 16 millions (plus exactement près de 17 millions).

PIÈGE
Calculer 24^2 ou 3×256 : avec n bits on code 2^n valeurs, et les possibilités des trois sous-pixels se multiplient.

À LA CALCULATRICE



4.3 Deux zones de 9 pixels sont données par leurs codages RVB : l'une est colorée, l'autre en niveaux de gris. Peut-on les distinguer à partir du codage ?

Oui. Dans la zone de droite, les trois nombres de chaque pixel sont égaux (237 237 237, 187 187 187, …, 008 008 008) : les trois sous-pixels émettent avec la même intensité, la synthèse additive donne un gris, d'autant plus clair que le nombre est grand.

Dans la zone de gauche, les trois nombres d'un même pixel sont différents : une couleur domine. Par exemple, 255 255 000 (rouge et vert au maximum, bleu éteint) donne du jaune, et 255 000 002 donne du rouge.

Zone de droite (R = V = B pour chaque pixel) : niveaux de gris ; zone de gauche : zone colorée.

COMPRENDRE

Repères : 000 000 000 correspond au noir, 255 255 255 au blanc. Le pixel 008 008 008 est donc presque noir, le pixel 237 237 237 presque blanc.