

# Images et couleurs

## LE PROGRAMME

### La lumière : images et couleurs, modèles ondulatoire et particulaire

Dans la continuité du programme de seconde, cette partie vise à expliciter les relations algébriques relatives à la formation d'une image par une lentille mince convergente et à permettre d'utiliser cette description quantitative dans le cadre de technologies actuelles, recourant par exemple à des lentilles à focale variable. En complément de ce modèle géométrique, deux modèles de la lumière – ondulatoire et particulaire – sont ensuite abordés ; ils seront approfondis dans le cadre de l'enseignement de spécialité physique-chimie de la classe de terminale.

Les domaines d'application de cette partie sont très variés : vision humaine, photographie, vidéo, astrophysique, imagerie scientifique, art, spectacle, etc. La mise en œuvre de cette partie du programme est source de nombreuses expériences démonstratives et d'activités expérimentales quantitatives.

#### Notions abordées en seconde

Lentille mince convergente, image réelle d'un objet réel, distance focale, grandissement, dispersion, spectres, longueur d'onde dans le vide ou dans l'air.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<p>Relation de conjugaison d'une lentille mince convergente. Grandissement.</p> <p>Image réelle, image virtuelle, image droite, image renversée.</p> <p>Couleur blanche, couleurs complémentaires. Couleur des objets. Synthèse additive, synthèse soustractive. Absorption, diffusion, transmission. Vision des couleurs et trichromie.</p>	<p>Exploiter les relations de conjugaison et de grandissement fournies pour déterminer la position et la taille de l'image d'un objet-plan réel.</p> <p>Déterminer les caractéristiques de l'image d'un objet-plan réel formée par une lentille mince convergente.</p> <p><b>Estimer la distance focale d'une lentille mince convergente.</b> <b>Tester la relation de conjugaison d'une lentille mince convergente.</b> <b>Réaliser une mise au point en modifiant soit la distance focale de la lentille convergente soit la géométrie du montage optique.</b></p> <p>Capacités mathématiques : Utiliser le théorème de Thalès. Utiliser des grandeurs algébriques.</p> <p>Choisir le modèle de la synthèse additive ou celui de la synthèse soustractive selon la situation à interpréter.</p> <p>Interpréter la couleur perçue d'un objet à partir de celle de la lumière incidente ainsi que des phénomènes d'absorption, de diffusion et de transmission.</p> <p>Prévoir le résultat de la superposition de lumières colorées et l'effet d'un ou plusieurs filtres colorés sur une lumière incidente.</p> <p><b>Illustrer les notions de synthèse additive, de synthèse soustractive et de couleur des objets.</b></p>

## POUR VÉRIFIER LES ACQUIS

■ p. 316

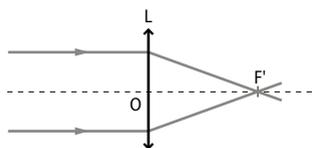
### SITUATION 1

Il s'agit ici de vérifier que les élèves ont bien acquis depuis la classe de 2<sup>nde</sup> la notion de foyer image. Dans la situation proposée, il s'agit de déterminer la distance à laquelle il faut placer la lentille pour concentrer l'énergie sur le combustible.

### ► Exemple de réponse attendue

La loupe est une lentille convergente.

Le soleil étant très éloigné, les rayons qui arrivent sont parallèles entre eux. Si la loupe est orientée de telle manière que les rayons arrivent parallèlement à l'axe optique ils viendront converger au foyer image de la lentille. Il faut donc que la distance entre la loupe et le combustible soit égale à la distance focale de la lentille.



### ›En classe de 1<sup>re</sup> spécialité

La notion de distance focale est à nouveau abordée en 1<sup>re</sup> spécialité : l'estimation de sa valeur par une approche expérimentale sera mise en œuvre dans l'activité 3.

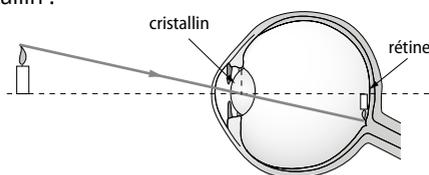
#### SITUATION 2

Il s'agit ici de vérifier que les élèves ont bien acquis depuis la classe de 2<sup>nde</sup> le modèle de l'œil.

Dans la situation proposée, il s'agit d'expliquer pourquoi l'image formée par le cristallin est à l'envers sur la rétine.

### ›Exemple de réponse attendue

Construction géométrique de l'image formée par le cristallin :



### ›En classe de 1<sup>re</sup> spécialité

Dans une approche spiralaire de l'enseignement de la physique-chimie, la formation d'une image par une lentille convergente sera retravaillée dans l'activité 2 pour expliquer le principe de la mise au point d'un système optique. En classe de 1<sup>re</sup> spécialité, l'utilisation de la relation de conjugaison permettra de déterminer les caractéristiques de l'image par le calcul. Cela complète la technique de la construction géométrique abordée en classe de seconde.

#### SITUATION 3

Il s'agit ici de vérifier que les élèves ont bien acquis depuis la classe de 2<sup>nde</sup>, le principe de dispersion de la lumière blanche par un prisme.

Dans la situation proposée, il s'agit de comprendre qu'une goutte de pluie joue le rôle de prisme et permet la dispersion de la lumière blanche du soleil.

### ›Exemple de réponse attendue

Lorsque la lumière passe d'un milieu transparent à un autre, les rayons lumineux changent de direction. Chaque longueur d'onde est déviée différemment. Lors de la traversée d'une goutte de pluie, un rayon de lumière blanche est décomposée en plusieurs rayons de lumières colorées.

### ›En classe de 1<sup>re</sup> spécialité

Dans une approche spiralaire de l'enseignement de la physique-chimie, la notion de lumières colorées sera retravaillée dans les activités 1 et 4, pour introduire les modèles de synthèses additive et soustractive.

#### ACTIVITÉS

p. 318 ■ ACTIVITÉ 1

### Filtrage de la lumière ..... Classe inversée

1. a. Lorsqu'un faisceau de lumière blanche arrive sur un filtre, une partie de la lumière est transmise, le reste est absorbé.

b. Après traversée d'un filtre, une partie du spectre a disparu : sur le spectre de la lumière transmise par le filtre jaune les radiations bleues et violettes sont supprimées ; sur le spectre de la lumière transmise par le filtre rouge toutes les couleurs excepté le rouge ont disparu.

2. Le faisceau bleu a disparu de la photo retouchée : aucune lumière n'a été transmise. La lumière bleue a été absorbée par le filtre rouge.

Le faisceau rouge apparaît à l'identique sur la photo retouchée : la lumière rouge a été intégralement transmise par le filtre rouge.

Le faisceau jaune apparaît rouge sur la photo retouchée. Le filtre rouge a transmis la lumière rouge mais absorbée la lumière verte qui compose la lumière jaune.

3. a. À la ligne 4, il faut remplacer (r,0,0) par (0,v,0).

b. Lorsqu'on remplace une valeur par 0, on soustrait la valeur initiale.

4. Synthèse : Lorsqu'un filtre coloré est placé sur le trajet de la lumière blanche, le filtre absorbe certaines lumières colorées : il s'agit d'une synthèse soustractive.

p. 319 ■ ACTIVITÉ 2

### Mise au point

#### ›Pistes de résolution

1. a et b. En utilisant une lentille de distance focale  $f' = 12,5$  cm, on relève les valeurs suivantes :

$\overline{OA}$ (en cm)	- 50,0	- 40,0	- 35,0	- 30,0	- 25,0	- 20,0	- 15,0
$\overline{OA'}$ (en cm)	16,9	18,4	19,3	21,3	24,4	32,3	68,5

2. En utilisant le tableur-grapheur pour tracer  $\frac{1}{\overline{OA'}}$  en fonction de  $\frac{1}{\overline{OA}}$ , on obtient une droite de

coefficient directeur égal à 0,961 et d'ordonnée à l'origine 0,0782 cm<sup>-1</sup>.

En considérant que le coefficient directeur est approximativement égal à 1 cette équation est compatible avec la relation de conjugaison

$$\frac{1}{OA'} = \frac{1}{OA} + \frac{1}{f'}$$

On en déduit que l'ordonnée à l'origine correspond à l'inverse de la distance focale :  $f' = 1/0,0782 = 12,8$  cm.

3. La valeur donnée par le fabricant est  $f' = 12,5$  cm, soit un écart relatif de moins de 3 %.

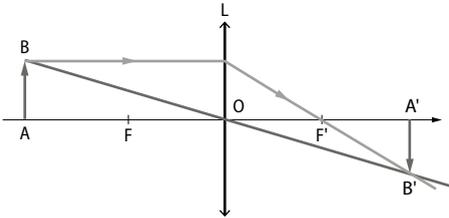
4. Pour que la mise au point soit réussie, la relation de conjugaison doit être vérifiée.

p. 320 ■ **ACTIVITÉ 3**

### Distance focale d'une lentille convergente

#### ► Exploitation et analyse

1. a.



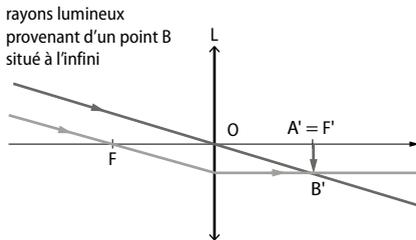
b. Dans cette configuration, on remarque que  $OA = OA' = 2 \times f'$ , soit  $AA' = D = 4 f'$

c. La valeur mesurée de la distance  $AA'$  est comprise entre 41,7 cm et 41,8 cm. L'incertitude-type sur la valeur mesurée peut être estimée par la demi-largeur de cet intervalle. Soit  $u_{AA'} = 0,5$  mm.

d. D'après le document 2 :  $u_{AA'} = 4 \times u_f$  donc  $u_f$  peut être estimée à 0,2 mm

La distance focale mesurée par la méthode de Silbermann vaut 10,4 cm avec une incertitude-type de 0,02 cm.

2. a.



b. Les rayons lumineux qui arrivent de l'infini viennent converger au foyer image  $F'$ , l'image d'un objet à l'infini se forme donc à la distance  $f'$  de la lentille. On trouve une valeur approchée de  $f'$  en mesurant la distance entre la lentille et l'écran.

c. Avec la méthode de l'objet à l'infini, on observe une image nette pour une distance lentille écran comprise entre 10,4 cm et 10,6 cm.

L'incertitude-type associée peut être estimée par la demi-largeur de cet intervalle. Soit  $u_f = 0,1$  cm.

La distance focale mesurée par la méthode de l'objet à l'infini vaut 10,5 cm avec une incertitude-type de 0,1 cm.

#### ► Conclusion

3. La méthode de Silbermann est plus précise car l'incertitude-type est plus faible. De plus l'objet n'est pas rigoureusement à l'infini dans l'autre méthode.

p. 321 ■ **ACTIVITÉ 4**

### Synthèse des couleurs

#### ► Coups de pouces pour la résolution

1. Quel procédé de synthèse est mis en œuvre pour produire la couleur d'un pixel ?
2. Quelle sera la couleur d'un pixel dont les codes sont 0 pour le rouge, 255 pour le vert et 0 pour le bleu ?
3. Comment la couleur orange peut-elle être synthétisée ?

#### ► Exemple de réponse attendue

1. La couleur d'un pixel résulte de la synthèse additive des lumières colorées produites par les sous pixels rouge, bleu et vert.
2. Seul le sous pixel vert émet de la lumière, les deux autres sont éteints le pixel apparaîtra donc vert.
3. La couleur orange résulte de la synthèse additive du jaune et du rouge avec une proportion plus importante de rouge. L'intensité lumineuse du sous-pixel rouge est plus grande que celle du sous-pixel vert.

#### ► Synthèse

La couleur d'un pixel résulte de la synthèse additive des lumières colorées produites par les 3 sous pixels rouge, bleu et vert. En faisant varier l'intensité lumineuse de chaque sous pixel, il est possible de reconstituer une grande gamme de couleurs.

### EXERCICES

#### ■ Vérifier l'essentiel ■ p. 326

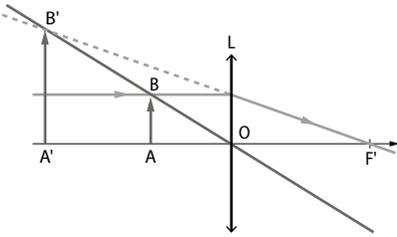
- |      |            |           |
|------|------------|-----------|
| 1 B. | 2 C.       | 3 A et C. |
| 4 C. | 5 A.       | 6 B.      |
| 7 A. | 8 A et C.  |           |
| 9 C. | 10 A et C. |           |

► Image formée par une lentille convergente

- 11 a.  $\overline{OA} = -3,10 \text{ cm}$  ;
- b.  $\overline{OA'} = 3,10 \text{ cm}$  ;
- c.  $f' = 1,55 \text{ cm}$  ;
- d.  $\overline{AB} = 0,75 \text{ cm}$  ;
- e.  $\overline{A'B'} = -0,75 \text{ cm}$ .

- 12  $\overline{AB} = 2,0 \text{ cm}$  ;  $\overline{OA} = -25 \text{ cm}$  ;  $f' = 20 \text{ cm}$ .

- 13 1. Schéma de la situation :

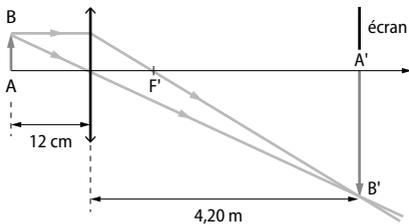


Si l'image ne peut pas être observée sur un écran c'est qu'elle est virtuelle : elle se forme avant la lentille.

- 2. L'objet doit être placé à une distance supérieure à la distance focale de la lentille.

- 14 1. a.  $\overline{OA'} = 2,6 \text{ cm}$  ; b. réelle ; c. à l'envers ; d.  $\overline{A'B'} = -0,8 \text{ cm}$  ; e.  $\overline{\gamma} = -1,0$ .
- 2. a.  $\overline{OA'} = -0,9 \text{ cm}$  ; b. virtuelle ; c. à l'endroit ; d.  $\overline{A'B'} = 1,3 \text{ cm}$  ; e.  $\overline{\gamma} = 1,6$ .

- 15 1. Schéma optique du dispositif de projection :



- 2.  $\overline{OA'} = 4,20 \text{ m}$  ;  $\overline{OA} = -12 \text{ cm} = -0,12 \text{ m}$ .

$$\overline{\gamma} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{4,20}{-0,12} = -35.$$

- 3.  $24 \times 35 = 840 \text{ mm}$  ;  $36 \times 35 = 1260 \text{ mm}$ .  
À l'écran, l'image aura pour dimension  $0,84 \times 1,26 \text{ m}$ .
- 4. Le grandissement étant négatif, il faudra placer la diapositive à l'envers.

- 16

$$1. \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'}$$

$$2. \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{-15} + \frac{1}{6,0} \approx 0,013 \text{ cm}^{-1}$$

soit  $\overline{OA'} = 7,5 \text{ cm}$ .

L'image se situe à 7,5 cm de la lentille.

$$3. \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{f'} = \frac{1}{10} - \frac{1}{6,0} \approx -0,067 \text{ cm}^{-1}$$

soit  $\overline{OA} = -15 \text{ cm}$ .

L'objet se situe à 15 cm de la lentille.

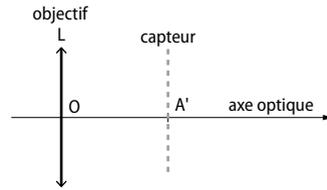
$$4. \frac{1}{f'} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{10} - \frac{1}{-15} \approx 0,17 \text{ cm}^{-1}$$

soit  $f' = 5,9 \text{ cm}$ .

La distance focale de la lentille utilisée vaut 5,9 cm.

- 17 1.  $f'$  correspond à la distance focale de l'objectif de l'appareil photo.

Schéma optique de l'appareil photo :



- 2. J'applique la relation de conjugaison :

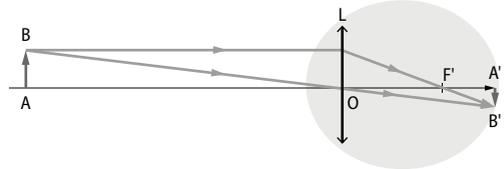
$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{-1,5} + \frac{1}{50 \times 10^{-3}} \approx 19 \text{ m}^{-1}$$

soit  $\overline{OA'} = 0,052 \text{ m} = 5,2 \text{ cm}$ .

Le capteur se situe à 5,2 cm de l'objectif.

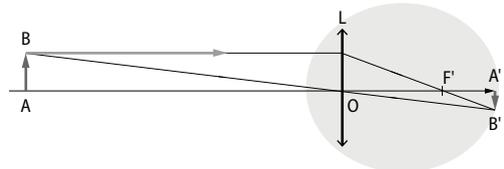
- 18 1. Le cristallin est la lentille de l'œil.

- 2.



- 3. L'image se forme sur la rétine donc l'objet observé est vu net.

- 4. Lorsque l'objet AB se rapproche, la distance focale  $f'$  diminue.



- 5. La relation de conjugaison donne le lien entre la position  $\overline{OA}$  de l'objet et la position  $\overline{OA'}$  de son image conjuguée à travers la lentille de distance focale  $f'$  :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'}$$

Lorsque la position  $\overline{OA}$  de l'objet varie dans un appareil photo, la distance focale  $f'$  étant fixe, c'est

la distance objectif-captteur  $\overline{OA'}$  qui est modifiée lors de la mise au point. Dans le cas de l'œil, c'est la distance cristallin-rétine  $\overline{OA'}$  qui est fixe et la distance focale  $f'$  qui varie lors de l'accommodation.

### > Vision des couleurs

**19** 1. a. Le jaune est obtenu par mélange de lumières rouge et verte.

b. Le magenta est obtenu par mélange de lumières rouge et bleue.

2. Un éclairage blanc est obtenu par mélange des trois couleurs primaires : bleu, rouge et vert.

3. Pour obtenir toutes les autres couleurs, il faut que l'on puisse faire varier les proportions des différentes couleurs en modifiant l'intensité lumineuse des trois projecteurs.

4. Le mélange de lumières colorées correspond à une synthèse additive.

**20** 1. La couleur jaune résulte de la superposition du rouge et du vert : les pixels rouges et verts sont donc allumés.

2. Une lumière orange contient une proportion plus importante de rouge que de vert : les pixels rouges émettent donc une lumière plus intense que les pixels verts.

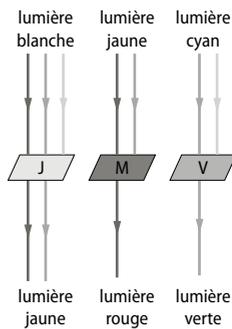
**21** 1. Le filtre jaune absorbe le bleu et transmet le rouge et le vert.

Le filtre magenta absorbe le vert et transmet le rouge (il transmettrait également le bleu si la lumière incidente en contenait).

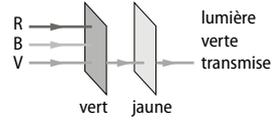
Le filtre vert absorbe le bleu et transmet le vert (il absorberait également le rouge si la lumière incidente en contenait).

2. La couleur de la lumière incidente et de la lumière observée à la sortie du filtre résulte de la synthèse additive des lumières colorées qui les constituent. Les couleurs des lumières absorbées par un filtre résultent d'une synthèse soustractive.

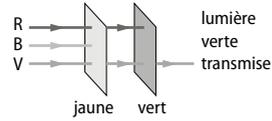
**22** 1. Le bleu et le vert sont des couleurs primaires : ils transmettent leur couleur respective. Le jaune et le magenta sont des couleurs secondaires : ils transmettent les couleurs primaires qui les constituent. Le filtre jaune transmet donc le vert et le rouge et le filtre magenta transmet le rouge et le bleu.



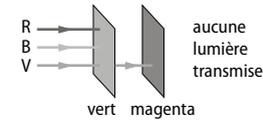
2. La superposition du filtre vert et du filtre jaune transmet seulement le vert.



3. L'ordre des filtres ne modifie la couleur de la lumière transmise



4. La superposition du filtre vert et du filtre magenta absorbe toute la lumière.



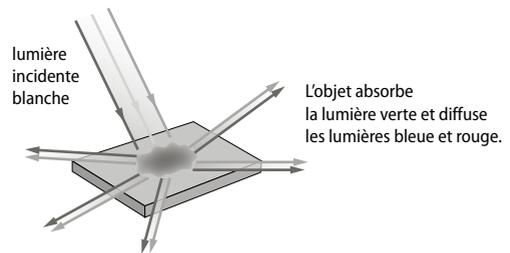
5. Ces deux couleurs sont dites complémentaires.

6. La couleur complémentaire du bleu et le jaune : l'association d'un filtre bleu et d'un filtre jaune absorbe donc toute la lumière.

Remarque : l'association de 2 filtres de couleurs primaires absorbe également toute la lumière

**23** 1. L'objet diffuse le rouge et le bleu, il absorbe le vert.

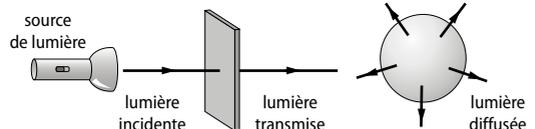
2. Schéma illustrant les interactions entre l'objet et la lumière :



3. La synthèse additive du rouge et du bleu produit le magenta : l'objet est perçu magenta.

**24**

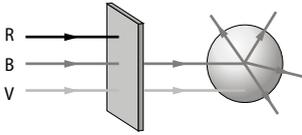
1. Figure complétée :



2. Le filtre est le siège de phénomène de transmission et d'absorption et la balle est le siège de phénomène de diffusion et d'absorption.

3. La lumière blanche résulte de la synthèse additive de bleu, rouge et vert.

4. a. Couleurs primaires des lumières incidente, transmise et diffusée :



b. L'objet diffuse les lumières rouge et verte qui produisent le jaune par synthèse additive. L'objet jaune ne recevant pas de lumière rouge (absorbée par le filtre cyan), il diffuse seulement la lumière verte vers l'œil de l'observateur : l'objet est perçu vert.

25 1. Le cyan est un mélange de bleu et de vert : un objet cyan diffuse donc le bleu et le vert.

2. La lumière magenta est composée de bleu et de rouge, l'objet cyan absorbe le rouge et diffuse le bleu seulement car la lumière incidente ne contient pas de vert. L'objet est donc perçu bleu. Éclairé en lumière verte, l'objet cyan diffuse toute la lumière qu'il reçoit : il est perçu vert.

26 1. The complementary color of the green is magenta.

2. a. The chameleon diffuses green color.

b. It absorbs red and blue.

3. Under a cyan light the chameleon should be green because it absorbs blue.

27 1. En considérant la couleur qui correspond au maximum de sensibilité, on en déduit que la courbe a correspond au cône bleu ; la courbe b au cône vert et la courbe c au cône rouge.

2. On parle de vision trichromatique car la détection par 3 types de cônes seulement permet de reconstituer une large palette de couleurs.

3. a. Le graphique nous indique qu'une longueur d'onde de 430 nm correspond à la couleur bleue.

b. À cette longueur d'onde, les courbes b et c ont une intensité relative proche de 0 %, seuls les cônes bleus sont stimulés.

c. La couleur perçue est donc bleue.

4. Lorsque l'œil perçoit la couleur jaune, les courbes b et c ont une intensité relative proche de 100 %, les cônes rouges et verts sont donc stimulés.

28 1. Lorsque la pupille de l'œil est plus large que le centre de la lentille, une partie de la lumière qui pénètre dans l'œil sera absorbée par la lentille colorée ce qui modifiera la perception des couleurs.

2. Une lentille de couleur cyan absorbera sa couleur complémentaire : le rouge.

## Exercices résolus – exercices similaires

■ p. 330 et 331

1. D'après les données de l'énoncé, on a :

$$\overline{OA} = -1,71 \text{ cm} ; f' = 17,0 \text{ mm} = 1,70 \text{ cm} ;$$

$$\overline{AB} = 1,2 \text{ mm}.$$

On applique la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{-1,71} + \frac{1}{1,70} \approx 0,00344 \text{ cm}^{-1}$$

$$\text{soit } \overline{OA'} = 291 \text{ cm} = 2,91 \text{ m}.$$

Il faut positionner l'écran à environ 2,90 m de l'objectif.

2. On applique les relations de grandissement :

$$\overline{A'B'} = \gamma \times \overline{AB} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \times \overline{AB} = \frac{291}{-1,71} \times 1,2$$

$$= -2,1 \times 10^2 \text{ mm} = -21 \text{ cm}.$$

La lettre projetée à l'écran a une hauteur de 21 cm.

3. Le grandissement  $\gamma$  étant négatif, l'image sera renversée par rapport à l'objet, le texte doit donc être écrit à l'envers sur la plaque LCD.

32 1. Une rayure rouge diffuse seulement le rouge : elle apparaît rouge en lumière jaune et rouge et apparaît noire en lumière bleue.

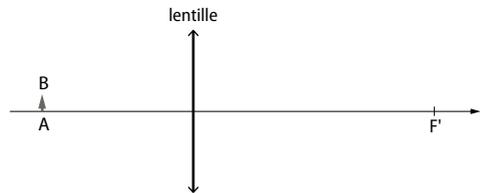
Une rayure jaune diffuse le vert et le rouge : elle apparaît jaune en lumière jaune, rouge en lumière rouge et apparaît noire en lumière bleue.

2. On peut donc distinguer les rayures lorsque l'éclairage est jaune mais pas en lumière rouge (le pantalon est perçu uni rouge) ni en lumière bleue (le pantalon est perçu uni noir).

## Croiser les notions

■ p. 332

33 1. Schéma de la situation :



$$2. f' = 4,0 \text{ cm} ; \overline{OA} = -2,5 \text{ cm} ; \overline{AB} = 1,2 \text{ mm}.$$

$$3. \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{-2,5} + \frac{1}{4,0} = -0,15 \text{ cm}^{-1}$$

$$\text{soit } \overline{OA'} = -6,7 \text{ cm}.$$

L'image est virtuelle, elle est située à 6,7 cm avant la lentille.

$$4. \gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

$$\text{donc } \overline{A'B'} = \frac{\overline{AB} \times \overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{1,2 \times -6,7}{-2,5} = 3,2 \text{ mm}.$$

L'image est virtuelle à l'endroit et agrandie.

**34** 1. La couleur rouge est obtenue par mélange de magenta et de jaune : utilisation des cartouches magenta et jaune.

La couleur jaune nécessite l'utilisation de la cartouche jaune.

La couleur bleue est obtenue par mélange de magenta et de cyan : utilisation des cartouches magenta et cyan.

2. Sans cartouche jaune, « LA PHYSIQUE » apparaîtra en magenta, « C'EST » en blanc et « FANTASTIQUE ! » en bleu.

3. Il s'agit de la synthèse soustractive.

**35**

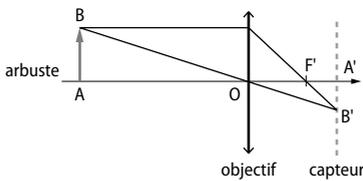
	Belgique			France			Italie			Mali		
Couleurs primaires diffusées par le drapeau éclairé en lumière blanche	-	R V	R	B	R V B	R	V	R V B	R	V	R V	R
Couleur perçue sous éclairage bleu	N	N	N	B	B	N	N	B	N	N	N	N
Couleur perçue sous éclairage rouge	N	R	R	N	R	R	N	R	R	N	R	R
Couleur perçue à travers un filtre jaune	N	J	R	N	J	R	V	J	R	V	J	R

1. Les drapeaux malien et belge apparaissent identiques sous un éclairage bleu : ils seraient perçus entièrement noirs.

2. Tous les drapeaux semblent identiques sous un éclairage rouge : noir/rouge/rouge.

3. À travers un filtre jaune, le bleu absorbe le jaune et apparaît noir, le blanc diffuse le rouge et le vert et apparaît jaune et le rouge absorbe le vert et apparaît rouge.

**36** 1. Schéma optique :



2. J'extrais les grandeurs algébriques utiles :  $f' = 50 \text{ mm} = 5,0 \times 10^{-2} \text{ m}$  et  $OA = -1,8 \text{ m}$ .

J'applique la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{OA'} = \frac{1}{OA} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{-1,8} + \frac{1}{5,0 \times 10^{-2}} \approx 19 \text{ m}^{-1}$$

soit  $OA' = 5,3 \times 10^{-2} \text{ m} = 5,3 \text{ cm}$ .

L'image réelle de l'objet se forme à environ 5,3 cm de l'objectif.

3.  $\gamma = \frac{OA'}{OA} = \frac{5,3 \times 10^{-2}}{-1,8} = -0,029$ .

4.  $\overline{A'B'} = \gamma \times \overline{AB} = -0,029 \times 95 \approx 2,8 \text{ cm}$ .

5. L'objet à photographier est situé à une très grande distance de l'objectif, on peut donc considérer que  $\frac{1}{OA} \approx 0$

La relation de conjugaison devient donc :  $\frac{1}{OA'} = \frac{1}{f'}$  soit  $\overline{OA'} = f' = 5,0 \text{ cm}$  ce qui revient à diminuer la distance entre l'objectif et le capteur de 0,3 cm.

**37** 1. L'équation de la droite obtenue montre que le coefficient directeur de la droite est approximativement égal à 1. L'équation s'écrit alors :

$$\frac{1}{OA'} = \frac{1}{OA} + 7,87$$

cette équation est compatible avec la relation de conjugaison  $\frac{1}{OA'} = \frac{1}{OA} + \frac{1}{f'}$ .

2. On en déduit que l'ordonnée à l'origine correspond à l'inverse de la distance focale :

$$f' = \frac{1}{7,87} = 0,127 \text{ m}$$

La distance focale de la lentille étudiée vaut  $f' = 12,7 \text{ cm}$ .

3. L'écart type vaut  $\sigma_f = 0,374 \text{ cm}$ .

Le nombre de mesures effectuées vaut  $n = 6$ .

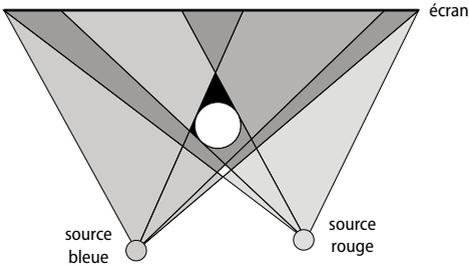
On en déduit une incertitude-type  $u_f = 0,2 \text{ cm}$  (en conservant un seul chiffre significatif pour l'incertitude)

4. La distance focale mesurée vaut donc  $f' = 12,7 \text{ cm}$  avec une incertitude-type  $u_f = 0,2 \text{ cm}$ .

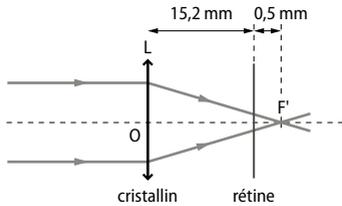
38

### ► Démarche élémentaire

- On observe deux ombres sur l'écran ; il y a donc deux sources de lumière. La couleur de l'écran étant magenta, on en déduit que les sources de lumière sont rouge et bleue (idem pour la démarche avancée).
- La couleur de l'écran résulte de la synthèse additive des deux lumières émises par les sources (idem démarche avancée).
- (idem démarche avancée)



### 39 1. Schéma optique de l'œil hypermétrope :



- Sur le schéma, on peut lire :  $f' = OF' = 15,7$  mm.
- Pour une accommodation maximum,  $f' = 15,7 - 1,0 = 14,7$  mm.

La distance cristallin rétine étant fixe :

$$OA' = 15,2 \text{ mm.}$$

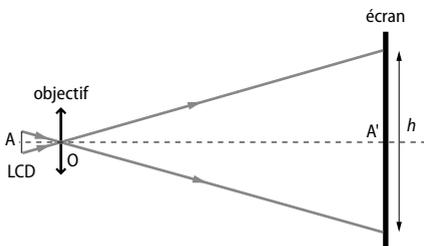
En appliquant la relation de conjugaison, il vient :

$$\frac{1}{OA} = \frac{1}{OA'} - \frac{1}{f'} = \frac{1}{15,2} - \frac{1}{14,7} \approx -2,24 \times 10^{-3} \text{ mm}^{-1}$$

$$\text{soit } \overline{OA} = -446 \text{ mm.}$$

L'œil hypermétrope peut voir net un objet situé à 44,6 cm.

### 40 1. Schéma optique du principe de projection :



Les distances OA et OA' étant fixées, la molette permet de modifier la distance focale de l'objectif. En pratique, on modifie la géométrie de l'association de plusieurs lentilles qui compose l'objectif.

2. J'extrais les grandeurs algébriques utiles :

$$\overline{OA} = -2,20 \text{ cm} = -2,20 \times 10^{-2} \text{ m} \text{ et } \overline{OA'} = 7,00 \text{ m.}$$

J'applique la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{7,00} - \frac{1}{-2,20 \times 10^{-2}} \approx 45,6 \text{ m}^{-1}$$

$$\text{soit } f' = 2,19 \times 10^{-2} \text{ m.}$$

La distance focale de l'objectif vaut alors 2,19 cm.

3. a. J'extrais les grandeurs algébriques utiles :

$$\overline{OA} = -2,20 \text{ cm} \text{ et } f' = 20,9 \text{ mm} = 2,09 \text{ cm.}$$

J'applique la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{OA} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{-2,20} + \frac{1}{2,09} \approx 0,0239 \text{ cm}^{-1} \text{ soit}$$

$$\overline{OA'} = 41,8 \text{ cm.}$$

La distance entre l'objectif et l'écran ne pourra pas être inférieure à 40 cm.

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

$$\text{donc } \overline{A'B'} = \frac{\overline{AB} \times \overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{3,0 \times 41,8}{-2,2} = -57 \text{ cm.}$$

La hauteur de l'image ne pourra pas être supérieure à 57 cm dans ces conditions d'observation.

41 1. Le filtre A transmet les radiations de couleur bleue, il est donc bleu.

Le filtre B transmet les radiations de couleurs verte, jaune et rouge : la lumière qu'il transmet résulte de la synthèse additive de ces trois couleurs : il est jaune.

Le filtre C transmet les radiations de couleur rouge, il est donc rouge.

Le filtre D transmet les radiations de couleur verte, il est donc vert.

2. Un filtre supprime toutes les radiations qui ne compose pas sa couleur. Lorsqu'on superpose des filtres, chacun soustrait une partie de la lumière émise.

3. Le magenta résulte de la synthèse additive du bleu et du rouge, le profil spectral d'un filtre magenta sera une superposition des profils spectraux A et C.

42 1. Il s'agit du daltonisme.

2. Le fond du panneau est jaune : les cônes rouges et verts sont stimulés.

L'intitulé de la conférence est indiquée en rouge : les cônes rouges sont stimulés.

Le numéro de la salle est indiqué en vert : les cônes verts sont stimulés.

3. Une personne atteinte de protanopie souffre d'une absence des cônes sensibles au rouge : le panneau sera perçu vert, l'intitulé de la conférence noire et le numéro de la salle en vert. Elle ne pourra donc pas distinguer le numéro de la salle.

4. Une personne atteinte de deutéranopie souffre d'une absence des cônes sensibles au vert : le panneau sera perçu rouge, l'intitulé de la conférence rouge et le numéro de la salle en noir. Elle ne pourra donc pas distinguer l'intitulé de la conférence.

5. Il suffit de changer la couleur du fond qui ne devra être ni rouge, ni verte, ni noire.

**43** 1. a. Pour que le trinôme présente deux solutions, il faut que le discriminant soit strictement positif :

$$\Delta = D^2 - 4 \times D \times f' = D \times (D - 4f') > 0 \text{ soit } D > 4f'.$$

$$\text{b. } \overline{O_1A} = \frac{-D + \sqrt{D \times (D - 4f')}}{2}$$

$$\text{et } \overline{O_2A} = \frac{-D - \sqrt{D \times (D - 4f')}}{2}.$$

c. La distance  $D$  étant fixée et supérieure à  $4f'$ , il existe deux positions de la lentille pour lesquelles on peut observer une image nette sur l'écran.

2. En appliquant la relation de Chasles :

$$\begin{aligned} d &= \overline{O_1O_2} = \overline{O_1A} + \overline{AO_2} = \overline{O_1A} - \overline{O_2A} \\ &= \frac{-D + \sqrt{D \times (D - 4f')}}{2} - \frac{-D - \sqrt{D \times (D - 4f')}}{2} \\ d &= \frac{-D + \sqrt{D \times (D - 4f')} + D + \sqrt{D \times (D - 4f')}}{2} \\ &= \sqrt{D \times (D - 4f')}. \end{aligned}$$

On en déduit :

$$d^2 = D^2 - 4Df' \Leftrightarrow 4Df' = D^2 - d^2 \Leftrightarrow f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}.$$

3. La valeur de la distance  $D$  est située entre deux graduations séparées d'un millimètre, l'incertitude-type associée peut être estimée par la demi-largeur de cet intervalle : soit  $u_D = 0,5 \text{ mm}$

$$4. f' = \frac{D^2 - d^2}{4D} = \frac{91,4^2 - 29,7^2}{4 \times 91,4} \approx 20,4 \text{ cm}$$

$$u_{f'} = \frac{1}{4} \times \left(1 + \frac{d^2}{D^2}\right) \times u(D) = 0,25 \times \left(1 + \frac{29,7^2}{91,4^2}\right) \times 0,5 \\ = 0,2 \text{ mm} = 0,02 \text{ cm}$$

La distance focale mesurée par la méthode de Bessel vaut 20,4 cm avec une incertitude-type de 0,02 cm

$$5. \overline{O_1A} = \frac{-D + \sqrt{D \times (D - 4f')}}{2} = -30,8 \text{ cm}$$

$$\overline{O_1A'} = \overline{O_1A} + \overline{AA'} = \overline{O_1A} + D = 60,6 \text{ cm}$$

$$\overline{\gamma}_1 = \frac{\overline{O_1A'}}{\overline{O_1A}} = \frac{60,6}{-30,8} \approx -1,97$$

$$\overline{O_2A} = \frac{-D - \sqrt{D \times (D - 4f')}}{2} = -60,7 \text{ cm}$$

$$\overline{O_2A'} = \overline{O_2A} + \overline{AA'} = \overline{O_2A} + D = 30,7 \text{ cm}$$

$$\overline{\gamma}_2 = \frac{\overline{O_2A'}}{\overline{O_2A}} = \frac{30,7}{-60,7} \approx -0,506$$

L'image obtenue est renversée dans les deux cas : environ deux fois plus grande pour la position  $O_1$  de la lentille et deux fois plus petite pour la position  $O_2$ .

#### 44 ORAL

**45** Exemple d'exposé oral :

Les images colorées sont projetées à l'aide de vidéo-projecteurs. L'objectif est une lentille convergente qui permet de former une image nette sur les murs des monuments. Les nuances de couleurs sont réalisées par synthèse additive à partir de pixels colorés bleus, verts et rouges.

#### Acquérir des compétences p. 335

##### 46 >Analyse

1. Lorsque les rayons issus du soleil pénètrent dans l'atmosphère, les phénomènes de diffusion, transmission et absorption ont lieu simultanément.

2. Le graphique du document 2 montre que les radiations de couleur bleue sont les plus diffusées.

3. L'épaisseur d'atmosphère traversée est beaucoup plus importante pour un observateur situé au point C au moment du crépuscule que pour un observateur situé au point Z lorsque le soleil est au zénith.

##### >Synthèse

Lorsque le soleil est au zénith, la lumière diffusée par l'atmosphère est bleue, cela explique que la couleur du ciel soit perçue bleue.

Au crépuscule, la lumière qui nous arrive du soleil a traversé une couche importante d'atmosphère qui a diffusé les radiations bleues : la lumière transmise par l'atmosphère ne contient plus de bleu et la couleur résultante est rouge orangée.

##### 47 Coups de pouces pour la résolution

Déterminer le grandissement de l'image comptenu de la largeur de l'écran.

Utiliser la valeur du grandissement pour exprimer la grandeur algébrique  $OA$  dans ces conditions d'observation.

Appliquer la relation de conjugaison pour déterminer la distance focale nécessaire.

##### >Proposition de résolution

Si la largeur de l'image mesurée  $\ell = 1,50 \text{ m}$ , sa hauteur mesurera :

$$h = \frac{9}{16} \times \ell = 0,844 \text{ m} \text{ soit } 84,4 \text{ cm}.$$

L'image sera inversée par rapport à la matrice donc  $\overline{A'B'} = -84,4$  cm et  $\overline{AB} = 8,3$  mm = 0,83 cm.

Le grandissement vaudra alors :

$$\overline{\gamma} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{-84,4}{0,83} \approx -100.$$

Dans ces conditions, avec  $\overline{OA'} = D = 2,50$  m,

$$\overline{OA} = \frac{\overline{AB} \times \overline{OA'}}{\overline{A'B'}} = \frac{0,83 \times 2,5}{-84,4} = -0,024 \text{ m}.$$

La distance focale de l'objectif nécessaire vérifie la relation de conjugaison :

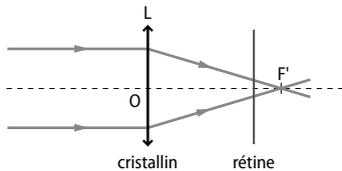
$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{2,5} - \frac{1}{-0,024} \approx 42 \text{ m}^{-1}$$

soit  $f' = 0,024 \text{ m} = 24 \text{ mm}$ .

Le dispositif adapté est donc l'appareil n° 1.

#### 48 > Démarche avancée

1. Schéma optique de l'œil immergé dans de l'eau :



2. a. Lors de la vision sous l'eau, la distance focale de l'œil augmente : cela correspond à la vision d'un œil hypermétrope.

b. La distance focale d'un œil hypermétrope est trop importante par rapport à la distance cristallin-rétine, l'immersion sous l'eau viendra accentuer le défaut. Pour un œil myope en revanche la distance focale est trop courte, l'immersion sous l'eau

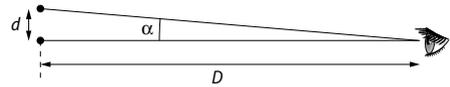
qui entraîne une augmentation peut permettre de ramener le foyer image sur la rétine.

Un œil myope aura donc meilleure vision sous l'eau qu'un œil sans défaut.

49 1. D'après le schéma, le pouvoir séparateur  $\alpha$

d'un œil vérifie :  $\tan(\alpha) = \frac{d}{D}$  avec  $d$  la distance minimale entre deux points que l'œil situé à une distance  $D$  peut distinguer.

#### > Protocole proposé



- =====
- ===== Dessiner deux points séparés par une distance  $d$  (ou une mire de lignes horizontales). Fixer la feuille sur un mur.
- ===== Fermer un œil et s'éloigner progressivement jusqu'à ce qu'il ne soit plus possible de distinguer les deux points.
- ===== Mesurer la distance  $D$  correspondante.
- ===== Effectuer le calcul nécessaire pour obtenir la valeur du pouvoir séparateur.
- =====

$$2. D = \frac{d}{\tan(\alpha)} = \frac{3 \times 10^{-3}}{\tan(1,7 \times 10^{-2})} \approx 10 \text{ m}.$$

3. a. Le mélange des couleurs en peinture correspond à une synthèse soustractive.

b. Pour expliquer la couleur perçue, il faut raisonner en synthèse additive.