

Chapitre

7

Images et couleurs

Plan du chapitre

1. Couleurs, vision, images
2. Sources de lumière colorée

1 Couleurs, vision, images

Exercice type 1

Lycée Alexandre Dumas, Saint-Cloud

Un œil normal est capable de voir correctement un objet situé entre l'infini et 25,0 cm. Un œil hypermétrope ne peut pas voir net de près. L'objet le plus proche qu'il peut voir (appelé *punctum proximum*) est situé à une distance supérieure à 25 cm. Dans le cas d'un œil hypermétrope, dont le cristallin est situé à 14,8 mm de la rétine, le *punctum proximum* est situé à 40,0 cm de l'œil.

- 1 Calculer la distance focale et la vergence de l'œil hypermétrope lorsqu'il accommode au maximum c'est-à-dire lorsque l'objet est situé au *punctum proximum*.
- 2 Que devrait être cette vergence pour que cet œil puisse voir à 25,0 cm (*punctum proximum* à 25 cm) ?
- 3 L'œil est ensuite corrigé : on place devant celui-ci une lentille mince. On admet qu'on peut assimiler deux lentilles minces, de vergences C_1 et C_2 , placées à la suite l'une de l'autre, par une seule lentille mince de vergence C égale à la somme des vergences C_1 et C_2 . Quelle doit être la vergence des lentilles de corrections ?

Voir corrigé page 171

1.1 Lentilles minces convergentes

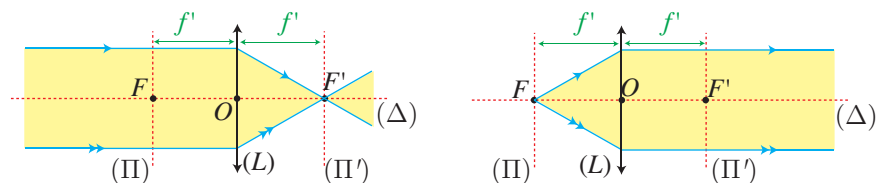
1.1.1 - Définitions

Les lentilles minces convergentes sont des objets transparents, plus épais en leur centre qu'à leurs bords, que l'on suppose symétriques par rapport à un axe appelé *axe optique*. Elles sont caractérisées par :

- leur *centre optique*, intersection de la lentille avec l'axe optique ;

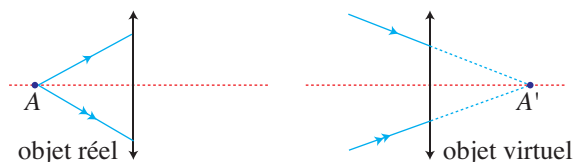
- leur *foyer image* F' , point où convergent les rayons qui arrivent sur la lentille parallèlement à l'axe optique ;
- le *foyer objet* F , symétrique de F' par rapport à O , d'où partent les rayons qui ressortent de la lentille parallèlement à l'axe optique ;
- la *distance focale image* $f' = \overline{OF'}$;
- le *plan focal image* (Π') , qui passe par F' perpendiculairement à l'axe optique ;
- le *plan focal objet* (Π) , qui passe par F perpendiculairement à Δ ;

La lentille convergente (L) est symbolisée par une double flèche.



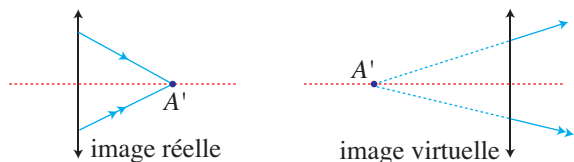
Définition 1

Un *objet* A est un point d'intersection des rayons qui se dirigent vers la lentille. Lorsque les rayons peuvent réellement se rencontrer, l'objet est *réel* ; lorsque seuls les prolongements des rayons se rencontrent, l'objet est *virtuel*.



Définition 2

Une *image* A' est un point d'intersection des rayons qui émergent de la lentille. À nouveau, l'image est *réelle* si les rayons convergent vraiment en A' ; l'image est *virtuelle* si seuls les prolongements des rayons se coupent en A' .

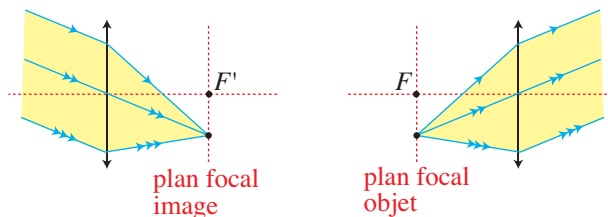


Définition 3

On dira qu'un objet (ou une image) se trouve à l'infini si les rayons dirigés vers ce point sont parallèles les uns aux autres.

Définition 4

Le *plan focal image* est le plan qui contient toutes les images des objets situés à l'infini, tandis que le *plan focal objet* est le plan qui contient tous les objets qui fournissent des images à l'infini.



Définition 5

La *vergence* C d'une lentille est l'opposée de sa distance focale f' :

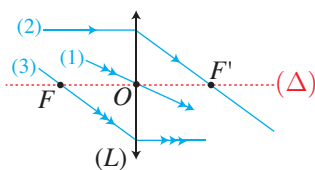
$$C = \frac{1}{f'}$$

Lorsque f' est exprimée en mètre, C est exprimée en dioptrie (δ).

1.1.2 - Constructions graphiques

Parmi tous les rayons qui traversent une lentille mince L , trois sont remarquables :

- le rayon (1) qui traverse (L) en son centre optique n'est pas dévié ;
- le rayon (2) qui arrive sur (L) parallèlement à l'axe optique (Δ) en ressort en passant par le foyer image F' ;
- le rayon (3) qui arrive sur la lentille après être passé par le foyer objet F ressort de (L) parallèlement à l'axe optique.



Ces trois rayons peuvent être utilisés pour repérer la position de l'image B' d'un objet B n'appartenant pas à l'axe optique.

Remarque : dans la pratique, deux des rayons remarquables suffisent, sauf précision contraire de l'énoncé. C'est ce point de vue qui sera adopté dans la suite de cette section.

MÉTHODE

Pour obtenir l'image B' d'un point B situé hors de l'axe optique :

- tracer le rayon (1), issu de B , qui traverse (L) en O sans être dévié ;
- tracer le rayon (2), issu de B , qui arrive sur (L) parallèlement à l'axe optique. Ce rayon ressort de (L) en passant par F' ;
- l'intersection des deux rayons émergeant de (L) coïncide avec l'image B' ; soit B' est réelle (ces deux rayons se croisent derrière (L)), soit B' est virtuelle (il faut tracer les prolongements de ces rayons pour qu'il se croisent, en avant de (L)).

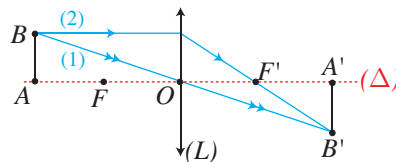


Image B' réelle

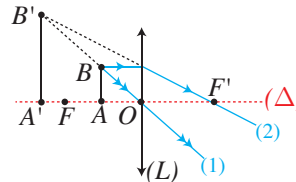


Image B' virtuelle

ATTENTION

Cette méthode est inopérante pour un point A appartenant à l'axe optique, dont on cherche la localisation de l'image A' . Dans ce cas, on procède de la manière suivante :

- tracer un segment AB passant par A , perpendiculairement à (Δ) ;
- chercher l'image B' de B , par la méthode graphique décrite précédemment ;
- la projection orthogonale de B' sur (Δ) coïncide avec le point A' cherché.

1.1.3 - Relations de conjugaison

Les positions et sens des objets et images sont en général obtenus à l'aide de valeurs algébriques, dont il convient de rappeler ici les conventions :

- On convient que, la lumière se déplaçant de la gauche vers la droite, les valeurs algébriques seront définies positivement dans ce sens, pour les grandeurs horizontales. Par exemple sur les schémas précédents : $\overline{OF'} > 0$, $\overline{OA'} > 0$ et $\overline{OF} < 0$.
- Les grandeurs algébriques verticales sont définies positivement vers le haut. Par exemple $\overline{AB} > 0$, tandis que $\overline{A'B'} < 0$ lorsque $A'B'$ est une image réelle.

Selon ces conventions, les positions des objets et images peuvent être calculées à l'aide de la relation de conjugaison de Descartes :

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

IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

La taille et le sens de l'image $A'B'$, relativement à AB , sont obtenus à l'aide du *grandissement* :

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

qui peut être calculé en localisant les points par rapport à O :

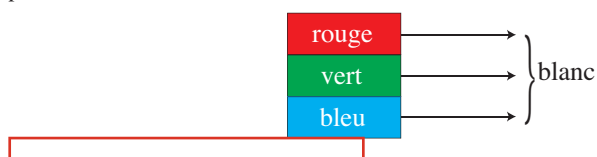
$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

1.2 Couleur des objets

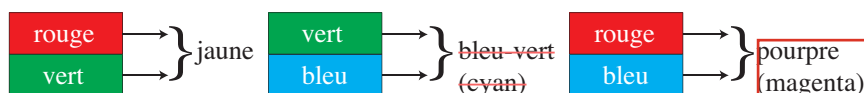
La lumière est une onde électromagnétique dont la longueur d'onde (λ) détermine la couleur.



La lumière blanche contient tous les rayonnements visibles ($400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$), c'est-à-dire toutes les couleurs. Elle peut être recomposée en associant des faisceaux de lumières rouge, verte et bleue ; ces trois couleurs sont appelées *couleurs primaires*.



La technique consistant à associer des faisceaux de diverses couleurs est appelée *synthèse additive*. La synthèse additive de deux couleurs primaires produit une *couleur secondaire*.



La synthèse additive peut être réalisée à l'aide de filtres colorés (c'est d'ailleurs par ce moyen que sont obtenues les couleurs des écrans plats des ordinateurs et des téléphones portables). Un tel filtre absorbe tous les rayonnements lumineux sauf ceux dont la longueur d'onde correspond à la longueur d'onde du filtre ; l'onde électromagnétique est alors transmise par le filtre.

La juxtaposition de plusieurs filtres permet de réaliser la synthèse soustractive (car chaque filtre absorbe des rayonnements) :

$$\begin{cases} \text{jaune} + \text{cyan} = \text{vert} \\ \text{jaune} + \text{magenta} = \text{rouge} \\ \text{cyan} + \text{magenta} = \text{bleu} \end{cases}$$

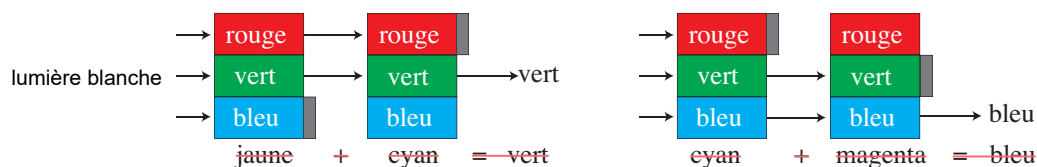
COURS

INTERROS

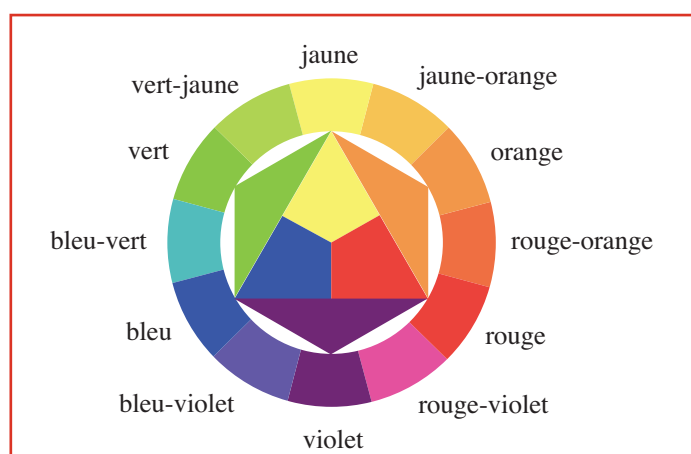
CORRIGÉS

COURS

Les couleurs obtenues par synthèse soustractive peuvent être prévues à l'aide des modèles précédents des filtres :



ou à l'aide du cercle des couleurs :

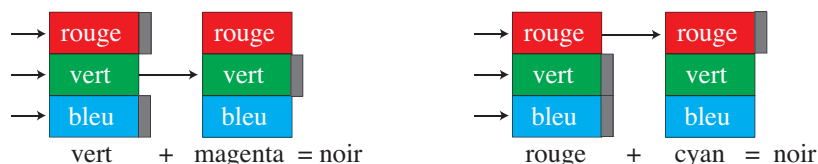


Les trois couleurs primaires sont figurées par les sommets d'un triangle équilatéral; les trois couleurs secondaires, le sont aussi, sur un autre triangle.

Par synthèse additive de deux couleurs primaires (par exemple vert+rouge), on obtient une couleur secondaire, intermédiaire entre les deux sommets correspondants (par exemple le jaune). De même, la synthèse soustractive de deux couleurs secondaires (par exemple cyan+magenta) fournit une couleur, intermédiaire entre les deux sommets correspondants (par exemple bleu).

D'autres couleurs intermédiaires sont aussi obtenues par synthèse additive des couleurs primaires et secondaires (par exemple : rouge + jaune = orange).

Enfin, remarquons que des couleurs diamétralement opposées sont dites *complémentaires* : leur synthèse soustractive ne transmet pas la lumière (par exemple : vert + magenta = noir et rouge + cyan = noir).



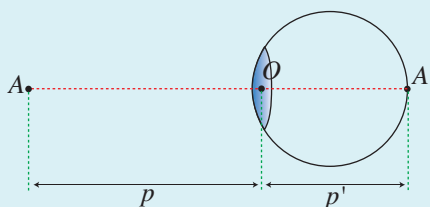
IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

Remarque : un mélange de pigments réalisé en peinture correspond à une synthèse soustractive car chaque pigment absorbe un rayonnement déterminé par sa couleur ; la couleur diffusée par le mélange correspond à celle qui n'est absorbée par aucun des pigments d'origine.

Solution de l'exercice type 1

Lycée Alexandre Dumas, Saint-Cloud

- 1** Assimilons le cristallin de l'œil à une lentille convergente de centre O , de distance focale image f' , située à une distance constante $p' = 14,8 \text{ mm} = 1,48 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ de la rétine. Lorsqu'il accomode au maximum, l'œil hypermétrope observe un objet A situé à $p_h = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$ de O et son cristallin adopte une distance focale f'_h (c'est-à-dire une vergence $C_h = \frac{1}{f'_h}$) qui forme l'image A' de A sur la rétine :



En posant $\overline{OA'} = p'$ et $\overline{OA} = -p_h$, la relation de conjugaison de Descartes s'écrit :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \Rightarrow C_h = \frac{1}{f'_h} = \frac{1}{p'} + \frac{1}{p_h} = \frac{1}{1,48 \cdot 10^{-2}} + \frac{1}{0,4} \quad (1)$$

$$\Rightarrow C_h \approx 70,1 \delta$$

Il s'ensuit que :

$$f'_h = \frac{1}{C_h} \approx 1,43 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 1,43 \text{ cm}.$$

- 2** S'il était normal, cet œil pourrait observer l'objet A à une distance $p_n = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$, auquel cas sa vergence vérifierait la relation (1) :

$$C_n = \frac{1}{p'} + \frac{1}{p_n} = \frac{1}{1,48 \cdot 10^{-2}} + \frac{1}{0,25} \Rightarrow C_n \approx 71,6 \delta.$$

- 3** Soit C_ℓ la vergence que devrait avoir la lentille correctrice qui, associée au cristallin de l'œil hypermétrope (de vergence C_h) lui redonnerait la vue de près d'un œil normal (de vergence C_n) :

$$C_\ell + C_h = C_n \Rightarrow C_\ell = C_n - C_h = 71,6 - 70,1 = 1,5 \delta.$$

Voir énoncé page 165

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

2 Sources de lumière colorée

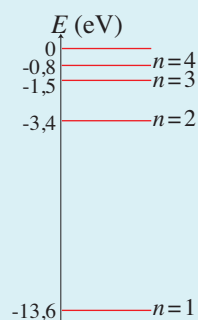
Exercice type 2

Lycée Pierre d'Ailly, Compiègne

La grande nébuleuse d'Orion comporte quatre étoiles très chaudes qui émettent un rayonnement riche en ultraviolets au sein d'un nuage de gaz interstellaire constitué en majorité d'atomes d'hydrogène.

Le diagramme ci-contre présente les premiers niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.

- 1 Comment appelle-t-on l'état $n = 1$?
- 2 Comment appelle-t-on les autres états ($n = 1, 2, 3, \dots$) ?
- 3 Comment peut-on faire passer un électron d'un niveau inférieur à un niveau supérieur ?
- 4 Un atome d'hydrogène, dans son état fondamental $n = 1$ peut-il être excité par une radiation de longueur $\lambda = 110 \text{ nm}$?



Sous l'effet du rayonnement UV reçu, le gaz de la nébuleuse est partiellement ionisé. Les électrons se recombinent avec des noyaux d'hydrogène pour former des atomes excités qui se désexcitent progressivement avec émission de photons.

- 6 Quelle est la longueur d'onde de la radiation émise lors de la transition des atomes d'hydrogène du niveau 3 au niveau 2 ? Cette radiation est-elle visible ?

Données numériques :

- constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- $1 \text{ eV} = 1,61 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Voir corrigé page 178

2.1 Caractéristiques d'une source

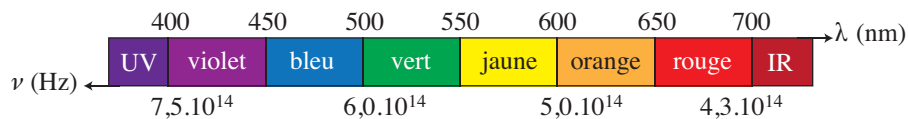
2.1.1 - Spectre d'émission

Définition 6

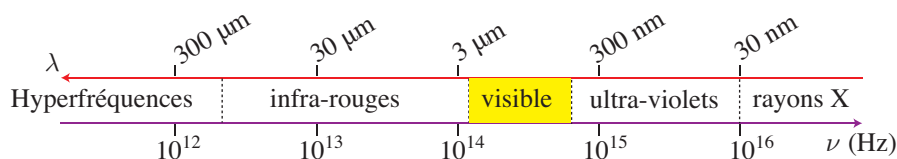
Une *source lumineuse* est un système physique capable de transformer une forme d'énergie (thermique, électrique, ...) en énergie lumineuse.

Les longueurs d'onde comprises entre 400 nm et 700 nm sont spécifiques au rayonnement lumineux visible par l'œil humain.

IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7



Le spectre d'une onde électromagnétique peut cependant être beaucoup plus étendu :



Remarque : on trouve, dans certains ouvrages, les longueurs d'onde exprimées en *angstrom* : $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$.

À RETENIR : Conversions

On retiendra les conversions suivantes, fréquemment utilisées pour exprimer les longueurs d'onde :

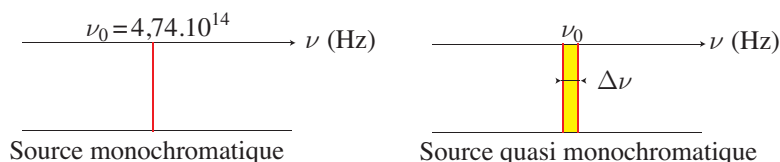
Unités	Conversion
micromètre	$1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m} \Leftrightarrow 1 \text{ m} = 10^6 \mu\text{m}$
nanomètre	$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} \Leftrightarrow 1 \text{ m} = 10^9 \text{ nm}$

Définition 7

Une *source monochromatique* émet un rayonnement composé d'une seule longueur d'onde.

Dans la réalité, une source ne peut pas être rigoureusement monochromatique (son spectre ne comporterait qu'une seule fréquence ν_0).

Par exemple, un laser hélium-néon, supposé émettre une lumière rouge de longueur d'onde $\lambda_0 = 632,8 \text{ nm}$, et donc de fréquence $\nu_0 = 4,74 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, émet en fait des rayonnements dont les fréquences sont très voisines de ν_0 , à $\Delta\nu = 1,5 \cdot 10^9 \text{ Hz}$ près. La *largeur spectrale* de la source n'est pas nulle mais vaut $\Delta\nu$ et la source est dite *monochromatique*.



COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Définition 8

Une *source polychromatique* est une source qui émet un rayonnement composé de plusieurs longueurs d'onde.

Par exemple :

- une source jaune monochromatique peut émettre un rayonnement de longueur d'onde $\lambda_0 = 580 \text{ nm}$;
- une source jaune polychromatique peut émettre des rayonnements de longueurs d'onde $\lambda_1 = 520 \text{ nm}$ (vert) et $\lambda_2 = 680 \text{ nm}$ (rouge).

2.1.2 - Exemples de sources

- *Les étoiles* : ce sont des sources polychromatiques, qui transforment l'énergie nucléaire en rayonnement.
- *Les lampes à incandescence* : sources polychromatiques qui transforment l'énergie thermique (un filament de tungstène est porté à $2\,800 \text{ K}$) en rayonnement.
- *Les lampes à iode* (aussi appelées lampes à halogène) : sources qui utilisent le même principe que les lampes à incandescence mais remplies d'iode, qui ralentit l'usure du filament (le filament peut ainsi être porté à des températures plus élevées).
- *Les tubes luminescents* (ou tubes au néon) : sources polychromatiques qui transforment l'énergie électrique (un arc électrique se forme dans le tube) en rayonnement.
- *Les diodes électroluminescentes (DEL)* : sources qui transforment l'énergie électrique en rayonnements polychromatiques (par exemple les DEL blanches) ou quasi monochromatiques (par exemple les DEL jaunes : $570 \text{ nm} < \lambda < 590 \text{ nm}$).
- *Le feu* : source polychromatique qui transforme l'énergie thermique en rayonnement.

2.2 Interaction lumière-matière

2.2.1 - Énergie d'un photon

La propagation de la lumière peut être interprétée comme :

- la propagation d'une onde électromagnétique, caractérisée par sa longueur d'onde λ (en mètre), responsable de sa couleur, ou par sa fréquence ν (en Hz), avec :

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

où $c \approx 3.10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ est la célérité de la lumière dans le vide.

IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

- le déplacement de corpuscules, les *photons*, dont l'énergie individuelle (ε) est proportionnelle à la fréquence ν (en Hz) :

$$\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \text{ (en joule)}$$

où $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ est la *constante de Planck*.

Remarque : une lumière de fréquence ν ne peut véhiculer que des énergies qui sont multiples de $h\nu$, car les photons sont insécables.

➔ À RETENIR : Conversion

L'énergie est parfois exprimée en électron-volt (eV), avec pour convention :

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

On reconnaît, dans cette expression, la valeur numérique de la charge élémentaire ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$). C'est pourquoi on pourra aussi convertir l'énergie en eV ou en J, grâce à la relation :

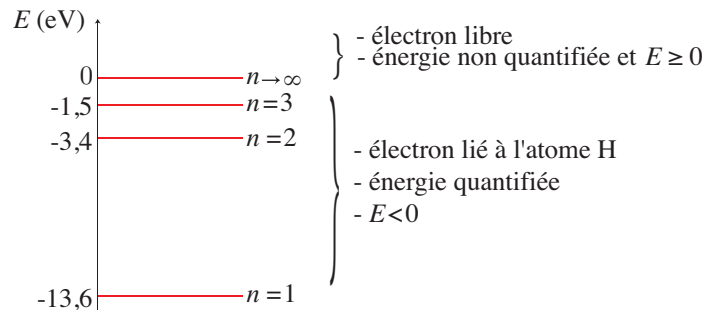
$$E_{\text{eV}} = e \times E_{\text{J}}$$

2.2.2 - Niveaux d'énergie dans la matière

Lorsqu'un électron est lié au noyau d'hydrogène, son énergie est négative et ne peut pas prendre n'importe quelle valeur négative. Par exemple, elle peut valoir $-13,6 \text{ eV}$, $-3,4 \text{ eV}$, $-1,5 \text{ eV}$, ..., mais pas $-13,5 \text{ eV}$. Cette énergie est *quantifiée* par la loi :

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ (eV)} \quad (24)$$

où n est un entier strictement positif qui définit un *niveau d'énergie* ou encore un *état*. En revanche, lorsque l'électron est libre (n'appartenant pas à un atome), son énergie peut prendre toute valeur positive.



COURS

INTERROS

CORRIGÉS

ATTENTION

La formule (24) permet de calculer E_n en eV. Or, dans de nombreux calculs numériques, il conviendra d'exprimer E_n en joule :

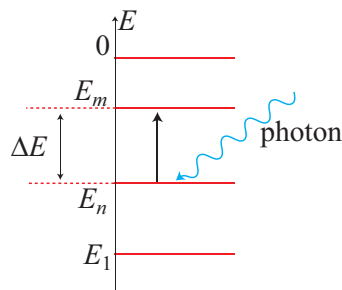
$$E_n = -\frac{13,6 \times 1,6 \cdot 10^{-19}}{n^2} \approx -\frac{2,18 \cdot 10^{-18}}{n^2} \text{ (J)}.$$

Définition 9

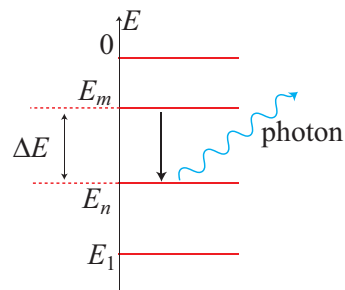
On appelle *état fondamental* l'état d'un atome de plus basse énergie. Par exemple, pour l'atome d'hydrogène, il s'agit de l'état $n = 1$, d'énergie $-13,6$ eV.

Un électron peut passer d'un niveau d'énergie E_n à un niveau d'énergie $E_m > E_n$ en recevant de l'énergie (thermique, électrique, électromagnétique, ...). Cette transition peut s'opérer par absorption d'un photon dont l'énergie $\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ correspond exactement à l'écart $\Delta E = E_m - E_n$. De même, un photon d'énergie $\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ peut être émis lors de la transition d'un électron d'un niveau E_m vers un niveau d'énergie $E_n < E_m$. Il y a *désexcitation* de l'atome, avec :

$$\Delta E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$



Absorption d'un photon



Emission d'un photon

ATTENTION

Pour qu'un photon soit absorbé, il doit véhiculer une énergie ε qui correspond exactement à l'écart énergétique ΔE entre deux états ; le photon ne peut pas céder qu'une partie de son énergie à l'électron qui reste lié à l'atome : il cède tout ou rien !

Définition 10

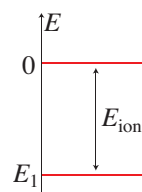
Un atome d'hydrogène est *excité* lorsque son électron n'occupe pas l'état fondamental.

IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

Remarque : l'électron de l'atome d'hydrogène a tendance à revenir à son état fondamental, où il est le plus stable ; c'est la désexcitation de l'atome.

Définition 11

L'énergie d'ionisation d'un atome est l'énergie E_{ion} qu'il faut lui fournir pour que l'électron passe du niveau fondamental d'énergie E_1 au niveau d'énergie $E_{\infty} = 0 \text{ eV}$ lui permettant de se soustraire à l'attraction du noyau. Dans le cas de l'atome d'hydrogène, l'énergie d'ionisation vaut :



$$E_{\text{ion}} = E_{\infty} - E_1 = 0 - (-13,6) = 13,6 \text{ eV}$$

Remarque : on peut fournir à l'électron une énergie E supérieure à E_{ion} ; son ionisation est toujours assurée et son excédent d'énergie $E - E_{\text{ion}}$ est susceptible d'être transformée au cours d'autres processus physico-chimiques.

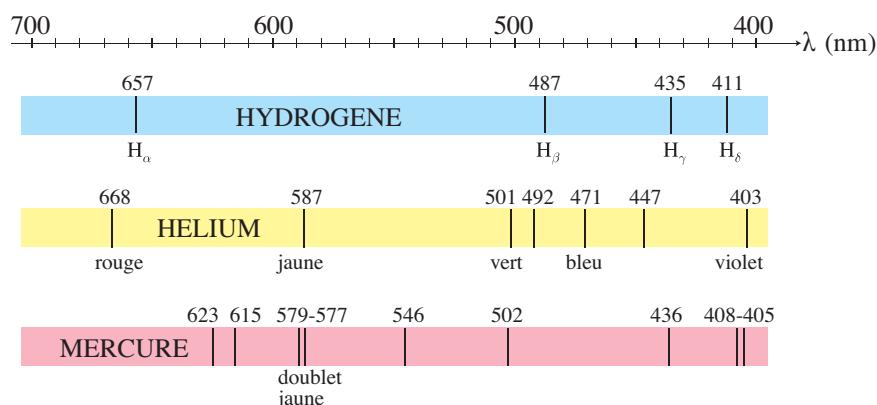
2.2.3 - Spectres d'émission ou d'absorption

Définition 12

On appelle *spectre* d'un rayonnement l'ensemble des fréquences ou des longueurs d'onde qui composent ce rayonnement.

Dans la pratique, pour obtenir le spectre d'un rayonnement lumineux, il suffit de le faire passer à travers un *prisme* transparent ou un *réseau* (constitué de traits très fins et très serrés). Le *spectre d'émission* est le spectre du rayonnement émis par une source. Il peut être continu (comme le spectre solaire) ou composé de bandes correspondant à des transitions électroniques dans la source.

Chaque type d'atome présente un spectre d'émission qui lui est spécifique ; c'est en quelque sorte la signature de l'élément :



COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Définition 13

Le *spectre d'absorption* décrit les longueurs d'onde qu'un matériau peut absorber ; ces longueurs d'onde apparaissent généralement sous forme de raies noires sur un fond continu.

Les raies du spectre d'absorption sont disposées comme celles du spectre d'émission.

Remarque : pour obtenir le spectre d'émission d'un matériau, on analyse la lumière directement produite par celui-ci lors de son excitation (par apport d'énergie électrique, thermique, ...).

En revanche, pour obtenir le spectre d'absorption d'un matériau, on l'éclaire avec de la lumière blanche (qui contient toutes les longueurs d'onde du spectre visible) et on analyse la lumière transmise par ce matériau.

➔ Solution de l'exercice type 2

Lycée Pierre d'Ailly, Compiègne

- 1 L'état $n = 1$ est appelé *état fondamental*.
- 2 Les autres états sont les *états excités*.
- 3 Pour faire passer un électron d'un niveau inférieur à son niveau supérieur, il suffit de lui fournir de l'énergie (par exemple sous forme de photon). L'absorption de cette énergie ne se réalisera qu'à condition qu'elle corresponde à la différence d'énergie des deux niveaux (inférieur et supérieur).
- 4 Un photon de longueur d'onde λ (en mètres) présente une énergie $\varepsilon = \frac{hc}{\lambda}$ (en joules), où $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ est la constante de Planck et $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ est la célérité de la lumière dans le vide. En général, on exprime plutôt cette énergie en électrons-volts, avec la conversion :

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \Rightarrow 1 \text{ J} = \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 6,25 \cdot 10^{18} \text{ eV}$$

D'après cette formule, un photon de longueur d'onde $\lambda = 110 \text{ nm} = 110 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ possède une énergie :

$$\begin{aligned} \varepsilon = \frac{hc}{\lambda} &= \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{110 \cdot 10^{-9}} \approx 1,81 \cdot 10^{-18} \text{ J} \\ &= \frac{1,81 \cdot 10^{-18}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 11,3 \text{ eV}. \end{aligned}$$

IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

➔ Solution de l'exercice type 2 (suite)

Lycée Pierre d'Ailly, Compiègne

Si l'électron, depuis son état fondamental, absorbait cette énergie, il acquerrait l'énergie :

$$E_{\text{finale}} = E_1 + \varepsilon = -13,6 + 11,3 = -2,3 \text{ eV}$$

qui ne correspond à aucune énergie du diagramme. Donc, cette radiation ne peut pas exciter l'électron.

- 5** Lorsque l'électron de l'atome d'hydrogène passe du niveau 3 au niveau 2, il perd une énergie :

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_3 - E_2 = -1,5 + 3,4 = 1,9 \text{ eV} \\ &= 1,9 \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 3,0 \cdot 10^{-19} \text{ J.} \end{aligned}$$

Il peut alors émettre un photon d'énergie $\varepsilon = \Delta E$ qui correspond à une radiation de longueur d'onde λ telle que :

$$\begin{aligned} \Delta E = \frac{hc}{\lambda} &\Rightarrow \lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^{-19}} \\ &\Rightarrow \lambda \approx 6,6 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 660 \text{ nm.} \end{aligned}$$

Cette radiation est visible (de couleur rouge).

Voir énoncé page 172

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

1 QCM Lentilles minces

30 min **Corrigé**
p. 192

On dispose d'une lentille mince convergente (L), de distance focale $f' = 10$ cm, de centre optique O , de foyer image F' et de foyer objet F ; on note (Δ) son axe optique.

- 1** Un point A , situé sur (Δ) à gauche de (L) , forme une image A' située à droite de O' , à une distance de 20 cm. L'objet A se trouve :
 - a** à droite de O , à une distance de 10 cm ;
 - b** à gauche de O , à une distance de 10 cm ;
 - c** à droite de O , à une distance de 20 cm ;
 - d** à gauche de O , à une distance de 20 cm.
- 2** Sachant que A est l'extrémité d'un objet de taille 5 cm, l'image $A'B'$ de cet objet :
 - a** mesure 5 cm et est dans le même sens que AB ;
 - b** mesure 5 cm et est inversée par rapport à AB ;
 - c** mesure 10 cm et est dans le même sens que AB ;
 - d** mesure 10 cm et est inversée par rapport à AB .
- 3** Pour obtenir une image $A'B'$ réelle, à l'infini, il faut placer AB dans un plan situé :
 - a** à gauche de (L) , à une distance de 10 cm ;
 - b** à droite de (L) , à une distance de 10 cm ;
 - c** à gauche de (L) , à une distance de 5 cm ;
 - d** à droite de (L) , à une distance de 5 cm.
- 4** Un objet AB (réel) se trouve à l'infini. Les rayons émis par B arrivent sur (L) inclinés d'un angle $\alpha = 10^\circ$ par rapport à (Δ) . L'image $A'B'$ de AB mesure :
 - a** $A'B' = 3,6$ cm ;
 - b** $A'B' = 1,8$ cm ;
 - c** $A'B' = 0,5$ cm.
- 5** Lorsqu'un objet AB se trouve à gauche de F , son image $A'B'$ est :
 - a** réelle et dans le même sens que AB ;
 - b** virtuelle et dans le même sens que AB ;
 - c** réelle et inversée par rapport à AB ;
 - d** virtuelle et inversée par rapport à AB .
- 6** Pour qu'une image $A'B'$ soit virtuelle, il faut que :
 - a** l'objet AB soit réel ;
 - b** l'objet AB soit virtuel.

IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

2 QCM Connaissance du cours

30 min Corrigé
p. 193

Parmi les réponses suivantes, choisir celles qui vous paraissent correctes (une seule bonne réponse par proposition).

- 1 Pour une lentille mince convergente (L), un objet virtuel est :
 - ☐ a le point d'intersection des rayons qui arrivent sur (L);
 - ☐ b le point d'intersection des rayons qui sortent de (L);
 - ☐ c le point d'intersection des prolongements des rayons qui arrivent sur (L);
 - ☐ d le point d'intersection des prolongements des rayons qui sortent de (L).
- 2 Une lentille mince convergente forme l'image d'un objet réel situé à l'infini :
 - ☐ a nécessairement dans son plan focal image;
 - ☐ b parfois dans son plan focal objet;
 - ☐ c nécessairement au foyer image;
 - ☐ d parfois au foyer objet.
- 3 La vergence d'une lentille mince convergente caractérise :
 - ☐ a le degré de polissage de la lentille;
 - ☐ b la taille et le sens de l'image d'un objet;
 - ☐ c la position du foyer objet.
- 4 La relation de conjugaison de Descartes d'une lentille convergente de distance focale f' s'écrivent :
 - ☐ a $\frac{1}{OA'} + \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$;
 - ☐ b $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$;
 - ☐ c $\frac{1}{OA} - \frac{1}{OA'} = \frac{1}{f'}$;
 - ☐ d $\frac{1}{OA} + \frac{1}{OA'} = \frac{1}{f'}$.
- 5 Le grandissement γ d'une lentille mince vérifie :
 - ☐ a $\gamma = -\frac{OA'}{OA}$;
 - ☐ b $\gamma = \frac{OA}{OA'}$;
 - ☐ c $\gamma = \frac{OA'}{OA}$;
 - ☐ d $\gamma = -\frac{OA}{OA'}$.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

- 6** Parmi les couples de couleurs suivantes, quelles sont celles qui sont complémentaires ?
- a** le vert et le pourpre sont complémentaires ;
 - b** le cyan et le jaune sont complémentaires ;
 - c** le bleu et le rouge sont complémentaires.
- 7** En synthèse soustractive :
- a** un mélange de vert et de rouge donne du blanc ;
 - b** un mélange de cyan et de rouge donne du blanc ;
 - c** un mélange de cyan et de jaune donne du bleu ;
 - d** un mélange de cyan et de magenta donne du bleu.

3 QCM Connaissance du cours

10 min  Corrigé
p. 194

Parmi des propositions suivantes, choisir celles qui vous semblent correctes.

- 1** L'énergie d'un atome :
- a** est quantifiée ;
 - b** peut prendre n'importe quelle valeur ;
 - c** est positive.
- 2** Depuis son état fondamental :
- a** un atome peut émettre un photon ;
 - b** un atome peut absorber un photon.
- 3** Un atome d'hydrogène, dans son état fondamental :
- a** peut absorber un photon d'énergie non quantifiée ;
 - b** peut absorber n'importe quel photon d'énergie inférieure à son énergie d'ionisation ;
 - c** peut émettre certains photons seulement.
- 4** Lors de la désexcitation d'un atome :
- a** les photons émis ont des énergies quantifiées ;
 - b** un photon peut être émis avec n'importe quelle énergie.
- 5** De la lumière blanche traverse une solution verte de chlorophylle. Après cette solution, son spectre :
- a** contient des raies sombres dans les domaines rouge et bleu ;
 - b** contient une raie sombre dans le domaine vert.

IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

4 QCM La lumière

20 min Corrigé
p. 195

- 1 Un faisceau de photons, correspondant à une radiation de fréquence $\nu = 10^{14}$ Hz, peut véhiculer l'énergie (en joule) :
☐ a $\mathcal{E} = 3,31 \cdot 10^{-20}$ ☐ b $\mathcal{E} = 1,324 \cdot 10^{-15}$ ☐ c $\mathcal{E} = 1,332 \cdot 10^{-15}$
- 2 Un rayonnement électromagnétique, de longueur d'onde λ , est :
☐ a visible si $\lambda > 800$ nm ;
☐ b infra-rouge si $\lambda < 400$ nm ;
☐ c ultra-violet si $\lambda < 400$ nm ;
☐ d infra-rouge si $\lambda < 700$ nm.
- 3 La raie α de l'hydrogène est caractérisée par la longueur d'onde $\lambda = 6\,563 \text{ \AA}$, c'est-à-dire :
☐ a $\lambda = 65,63$ nm ☐ b $\lambda = 656,3$ nm ☐ c $\lambda = 6,563$ nm
- 4 La raie γ de l'hydrogène correspond à la longueur d'onde $\lambda = 4\,102 \text{ \AA}$, c'est-à-dire :
☐ a $\lambda = 0,41 \text{ }\mu\text{m}$ ☐ b $\lambda = 4,10 \text{ }\mu\text{m}$ ☐ c $\lambda = 41,02 \text{ }\mu\text{m}$
- 5 Une source de lumière jaune peut être :
☐ a monochromatique, de longueur d'onde $\lambda = 501$ nm ;
☐ b polychromatique, de longueurs d'onde $\lambda_1 = 350$ nm et $\lambda_2 = 650$ nm ;
☐ c polychromatique, de longueurs d'onde $\lambda_1 = 420$ nm et $\lambda_2 = 760$ nm ;
☐ d polychromatique, de longueurs d'onde $\lambda_1 = 520$ nm et $\lambda_2 = 680$ nm.
- 6 La longueur d'onde λ d'un rayonnement électromagnétique est liée à sa fréquence ν par la loi :
☐ a $c = \lambda \nu$ ☐ b $\lambda = c \nu$ ☐ c $\nu = c \lambda$
- 7 Un rayonnement de longueur d'onde λ (et de fréquence ν) est associé à un photon dont l'énergie $\mathcal{E}$ vérifie :
☐ a $\mathcal{E} = \frac{hc}{\nu}$ ☐ b $\mathcal{E} = \frac{c\nu}{h}$ ☐ c $\mathcal{E} = \frac{hc}{\lambda}$ ☐ d $\mathcal{E} = \frac{\lambda c}{h}$
- 8 L'énergie du niveau fondamental de l'atome d'hydrogène et celle de son premier état excité sont différentes de $\Delta E = 1,632 \cdot 10^{-18}$ J. Un photon d'énergie $\mathcal{E} = 10,5$ eV rencontre cet atome.
☐ a Le photon n'est pas absorbé.
☐ b Le photon est absorbé et réémis avec la même énergie.
☐ c Le photon est absorbé et réémis avec une énergie différente.
☐ d Le photon est absorbé et une énergie de 0,3 eV est réémise.

Données numériques :

- constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- conversions : $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ et $1 \text{ eV} = 1,61 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Lentilles minces convergentes

5 Image d'une lentille mince convergente ★ 10 min ➔ Corrigé p. 196

Lycée Jeanne d'Albret, Saint-Germain-en-Laye

Un objet AB , de hauteur 1,0 cm, est placé à 15,0 cm d'une lentille mince convergente L , de centre optique O et de distance focale $f' = 10$ cm. A est sur l'axe optique.

- 1 Déterminer graphiquement la position de l'image $A'B'$ donnée par la lentille de l'objet AB , ainsi que sa grandeur et son sens.
- 2 Retrouver les résultats précédents par le calcul.

6 Calcul d'une distance focale ★ 10 min ➔ Corrigé p. 197

Lycée Jeanne d'Albret, Saint-Germain-en-Laye

On souhaite trouver la valeur de la distance focale f' d'une lentille mince. Pour cela, on utilise le montage suivant sur un banc d'optique : un objet AB , de hauteur 1,0 cm, est placé perpendiculairement à l'axe optique de la lentille L , A étant sur l'axe optique. On déplace lentille et écran de telle façon que l'image $A'B'$ donnée par la lentille soit inversée et de même taille que l'objet. On mesure la distance $D = \overline{AA'} = 40,0$ cm.

- 1 Exprimer le grandissement et calculer sa valeur algébrique.
- 2 En déduire une relation entre $\overline{OA}$ et $\overline{OA'}$.
- 3 Exprimer D en fonction de $\overline{OA}$.
- 4 Exprimer $\overline{OA}$ en fonction de f' .
- 5 Exprimer f' en fonction de D . Calculer f' .

7 Lentille mince convergente ★ 15 min ➔ Corrigé p. 198

Lycée Paul Bert, Paris

Une lentille mince convergente L , de centre optique O , donne d'un objet AB , de hauteur 5,0 cm et situé à 120,0 cm en avant de la lentille, une image $A'B'$ située à 60 cm après la lentille. AB est perpendiculaire à l'axe optique de la lentille et A est situé sur cet axe.

- 1 Déterminer la vergence de la lentille et sa distance focale, par calcul puis graphiquement.
- 2 Déterminer, par le calcul, le grandissement et la grandeur de l'image $A'B'$, puis vérifier le résultat sur le schéma. Caractériser l'image.
- 3 On approche AB à 10 cm de la lentille. Caractériser l'image.
Quel est le rôle de cette lentille ? Où placer l'œil de l'observateur ?

IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

8 Construction de l'image d'une lentille ★★ 10 min Corrigé p. 200

Lycée Blanche de Castille, Villemomble

On dispose d'une lentille convergente de 5,0 cm de diamètre et de 4,0 cm de distance focale. On place, devant cette lentille, à 3,0 cm du centre optique O , un objet AB de 1,0 cm de hauteur. Le point A est sur l'axe optique.

- 1 Quelle est la vergence de la lentille ?
- 2 Construire l'image $A'B'$ et mesurer sa hauteur.
- 3 Peut-on recevoir cette image sur un écran ?
- 4 Retrouver la position et la taille de l'image par le calcul. Ces résultats sont-ils compatibles avec la construction géométrique ?

9 Calcul d'une distance focale ★★ 15 min Corrigé p. 201

Lycée Hoche, Versailles

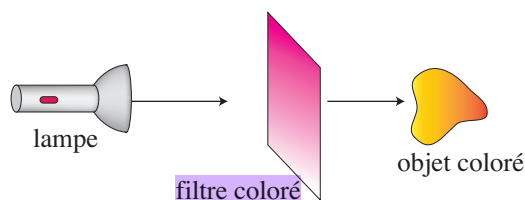
Un objet rectiligne AB et un écran E sont fixés parallèlement, à $D = 80$ cm l'un de l'autre. En plaçant entre eux une lentille convergente L , dont l'axe est perpendiculaire à AB , on trouve une seule position de L donnant une image nette sur l'écran et, pour cette position de L , l'image a même grandeur que l'objet ; en déduire la distance focale de L .

Couleur des objets

10 Couleur des objets ★ 5 min Corrigé p. 201

Lycée Notre Dame du Grandchamp, Versailles

Dans le montage suivant, on utilise une source de lumière blanche, un filtre cyan et un objet jaune en lumière blanche.



- 1 Tracer les rayons de lumière en faisant apparaître les composantes RVB présentes après chaque étape.
- 2 Quelle est la couleur de l'objet perçue par l'observateur ?

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

11 Couleur d'un arbre



5 min

Corrigé
p. 202

Lycée Bertioz, Vincennes

L'arbre du voyageur est une plante originaire de Madagascar : ses graines présentent la particularité d'être d'un bleu éclatant lorsqu'elles sont éclairées en lumière blanche.

- 1 Indiquer la couleur d'une graine éclairée en lumière jaune.
- 2 Même question que la précédente à l'aide d'une lumière magenta.

12 Projecteurs colorés



5 min

Corrigé
p. 202

Lycée Picasso, Fontenay-Sous-Bois

Trois projecteurs de lumières colorées rouge, verte et bleue, sont utilisés pour l'éclairage d'une scène. Ils permettent de reproduire toutes les couleurs.

- 1 Quel est le type de synthèse mise en jeu ici ?
- 2 Quels projecteurs faut-il utiliser pour obtenir un éclairage jaune ? un éclairage cyan ?
- 3 Comment peut-on obtenir un éclairage blanc ?

13 Drapeaux filtrés

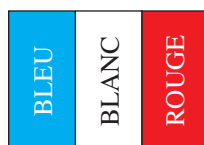


5 min

Corrigé
p. 203

Lycée Guynemer, Compiègne

À travers quel filtre faut-il regarder le drapeau français pour voir le drapeau belge ? Justifier la couleur de chaque bande du drapeau français observée à travers le filtre.



drapeau français



drapeau belge

L'œil

14 Œil et loupe



15 min

Corrigé
p. 203

Lycée Marie Curie, Sceaux

Jacques est un philatéliste ; sa vision est normale et il peut voir nettement des objets placés à plus de 25 cm de son œil. Il observe, avec une loupe de vergence $C = 25 \delta$, un timbre dont l'un des côtés a une largeur de 1,5 cm. Jacques place son œil à 4,0 cm de la loupe.

- 1 Quelle distance maximale sépare le timbre de la loupe si Jacques voit nettement l'image (faire un schéma) ?

IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

- 2 Quelle est la distance minimale entre le timbre et la loupe ?
- 3 Quelle est la distance permettant l'observation la plus confortable ?

15 Vieillessement du cristallin



20 min

Corrigé
p. 204

Lycée Charlemagne, Paris

On peut réduire un œil à un système optique constitué d'un diaphragme, d'une lentille convergente et d'un écran, la distance du centre O de la lentille à l'écran étant environ $d = 17$ mm.

L'œil accommode en faisant varier la vergence C de son cristallin entre deux valeurs $C_{\min}$ et $C_{\max}$.

- 1 À 30 ans : $59 \delta \leq C \leq 65 \delta$.
 - (a) Quelle grandeur reste constante quel que soit l'âge ? À quelle distance correspond-elle dans le modèle optique ?
 - (b) Où se forme l'image A' d'un objet situé très loin, c'est-à-dire « à l'infini » ? Donner la valeur $\overline{OA'}$. Est-ce que le cristallin doit accommoder ? Quelle est la valeur de sa vergence ?
 - (c) À quelle distance se situe l'objet le plus proche qu'une personne de 30 ans peut voir nettement ?
- 2 Une personne de 50 ans n'accommode plus aussi bien car son cristallin devient plus rigide avec l'âge. Par exemple à 50 ans : $59 \delta \leq C' \leq 61 \delta$.
 - (a) La vision de loin est-elle modifiée ?
 - (b) À quelle distance se situe l'objet le plus proche qu'une personne de 50 ans peut voir ?

16 Niveaux d'énergie de l'hydrogène



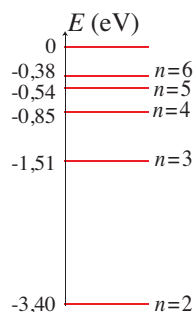
10 min

Corrigé
p. 205

Lycée Saint-Exupéry, Mantes-la-Jolie

Sur le diagramme représenté par la figure ci-dessous, figurent quelques niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.

- 1 À quoi correspond le niveau d'énergie $E = 0$ eV ?
- 2 (a) Représenter, par des flèches sur ce diagramme, les transitions électroniques de la série de Balmer, qui se produisent lors du retour de l'électron excité au niveau $n = 2$. Indiquer l'énergie correspondant à chacune de ces transitions.
 - (b) Quelle est la plus petite longueur d'onde correspondant à une radiation émise lorsqu'un électron excité revient sur le niveau $n = 2$? Cette radiation est-elle visible ?



Voir données page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

Données :

- constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- conversion : $1 \text{ eV} = 1,61 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

17 Niveaux d'énergie du sodium



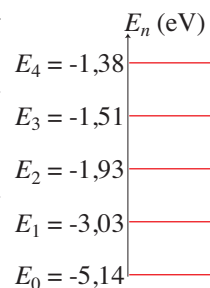
15 min

Corrigé
p. 207

Lycée Berlioz, Vincennes

À la surface de nombreuses étoiles, on trouve entre autres du sodium. On considère une raie de longueur d'onde $\lambda = 589 \text{ nm}$ émise par cet atome.

- 1 Calculer, en eV, l'énergie transportée par ce photon.
- 2 Indiquer, sur le diagramme ci-contre, la transition correspondante.
- 3 L'atome de sodium est maintenant dans l'état d'énergie E_1 . Il reçoit une radiation lumineuse dont le *quantum* d'énergie a pour valeur $1,30 \text{ eV}$. Cette radiation peut-elle être absorbée par l'atome de sodium dans cet état ? Justifier.



Données numériques :

- Constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Conversion : $1 \text{ eV} = 1,61 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

18 Étude documentaire : « Lumières d'étoiles »



30 min

Corrigé
p. 207

Lycée Pablo Picasso, Fontenay-Sous-Bois

Voici un extrait du livre d'André Brahic *Lumières d'étoiles* :

La lumière blanche mélange toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Comme on passe continûment d'une couleur à une autre en changeant graduellement de nuance, on dit que la lumière blanche possède un spectre continu. C'est le cas de la lumière émise par un corps chaud qui contient toutes les couleurs à des doses différentes. Plus la température est forte, plus la couleur dominante se déplace du micro-onde vers les X.

Mais les astronomes ont remarqué dès le XVIII^{ème} siècle la présence de fines bandes noires dans la lumière solaire. Il manque des couleurs très précises et spécifiques, comme si elles ne nous étaient pas parvenues. Après quelques tâtonnements, ils ont compris que ces raies sombres trahissaient la présence d'éléments chimiques sur le trajet des rayons lumineux. Joseph von Fraunhofer fut le premier, en 1814, à observer ces disparitions de lumière et à les attribuer à un phénomène d'absorption par un gaz situé entre la source d'émission et l'observateur[...]

IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Pour résoudre ce problème, il faut faire appel à la nature ondulatoire de l'électron et ranger l'onde de chaque électron autour du noyau comme des livres sur une étagère d'une bibliothèque. Chaque étagère correspond à une énergie spécifique pour laquelle l'électron est stable. Un livre ne peut pas être entre deux étagères, sinon il tombe, de même les électrons peuvent avoir certaines énergies bien définies, mais ils ne peuvent pas se trouver dans un état intermédiaire. Pour passer d'un niveau à un autre plus élevé, un électron absorbe un photon lumineux qui lui apporte l'énergie supplémentaire dont il a besoin pour « grimper » sur une autre étagère. Inversement, quand il redescend, il rend cette énergie sous forme d'un photon. Dans cette bibliothèque particulièrement riche, chaque atome est unique et caractéristique. On peut donc à distance reconnaître la présence d'un atome aux couleurs des photons qu'il émet ou absorbe lorsque ses électrons changent d'étagères. Données :

- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
- $1 \text{ eV} = 1,61 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

1 D'après le texte : *Plus la température est forte, plus la couleur dominante se déplace du micro-onde vers les X.*

- Donner les valeurs limites des longueurs d'onde dans le vide du spectre visible, en précisant les couleurs concernées.
- Quelle est la relation entre la longueur d'onde dans le vide d'une radiation monochromatique et sa fréquence ? On précisera les unités.
- On donne les fréquences des micro-ondes et des rayons X :

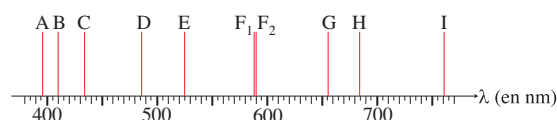
$$\nu_{\text{micro-ondes}} = 3,0 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \quad \nu_X = 3,0 \cdot 10^{18} \text{ Hz}$$

Calculer alors la valeur des longueurs d'onde correspondantes dans le vide.

- Indiquer, en justifiant, laquelle de ces deux radiations est la plus énergétique.

2 D'après le texte : *Joseph von Fraunhofer fut le premier, en 1814, à observer ces disparitions de lumière.*

Voici un extrait du spectre qu'il a observé, où l'on peut observer des raies noires sur un fond coloré continu, nommées A, B, C, D, E, F₁, F₂, G, H et I.



- Les raies observées ci-dessus sont-elles des raies d'émission ou d'absorption ?

INTERROS

(b) On donne des longueurs d'onde d'émission de quelques éléments :

Élément chimique	Longueurs d'onde λ en nm de certaines raies					
Hydrogène H	410,1	434,0	486,1	656,3		
Hélium He	447,2	471,3	492,2	501,6	587,6	667,8
Sodium Na	589,0	589,6				

Quels sont les éléments que l'on peut retrouver dans les couches superficielles du Soleil ? Justifier la réponse.

3 On donne ci-dessous le diagramme de l'énergie de l'hydrogène. On rappelle que l'état fondamental d'un atome correspond à l'état dans lequel il possède le moins d'énergie.

(a) Quel est le niveau d'énergie de l'état fondamental de l'atome d'hydrogène ?

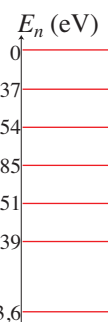
(b) Calculer la variation d'énergie lorsque l'atome d'hydrogène passe de $E_6 = -0,37 \text{ eV}$ à $E_2 = -3,39 \text{ eV}$.

(c) Convertir en joules la variation d'énergie calculée dans la question précédente.

(d) Sur le diagramme ci-dessus, représenter cette transition par une flèche.

(e) Calculer la fréquence du photon correspondant à cette variation d'énergie.

(f) Ce photon est-il émis ou absorbé par l'atome d'hydrogène ?



19 Atome d'hydrogène



20 min

Corrigé
p. 208

Lycée Saint-Exupéry, Mantes-la-Jolie

Les niveaux d'énergie, quantifiés, de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation : $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$, avec E_n en eV et n un nombre entier supérieur ou égal à 1.

1 Quelle est l'énergie d'ionisation d'un atome d'hydrogène ?

2 Quelle est l'énergie minimale d'un électron capable de provoquer, par choc, l'excitation d'un atome d'hydrogène de son niveau fondamental ($n = 1$) à son premier état excité ($n = 2$) ?

3 L'atome d'hydrogène précédemment cité revient à l'état fondamental ($n = 1$), avec émission d'une onde électromagnétique. Quelle est sa longueur d'onde ?

4 Établir la relation littérale donnant la fréquence des ondes lumineuses émises lorsque les atomes d'hydrogène, préalablement excités, passent d'un état d'énergie caractérisé par n à l'état d'énergie caractérisé par $n = 2$.

Données :

- constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$;
- charge élémentaire : $e = 1,61 \cdot 10^{-19} \text{ C}$;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

20 Spectre du mercure



15 min

Corrigé
p. 209

Lycée Guynemer, Compiègne

Voici quelques niveaux d'énergie de l'atome de mercure :

$$E_2 = 4,90 \text{ eV} \quad E_3 = 5,45 \text{ eV} \quad E_4 = 6,71 \text{ eV} \quad E_5 = 7,72 \text{ eV}$$

- 1 Calculer la longueur d'onde de la raie du spectre du mercure, correspondant à la transition du niveau 2 au niveau fondamental d'énergie $E_1 = 0 \text{ eV}$.
- 2 Le spectre visible du mercure contient une raie verte de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 546 \text{ nm}$. Identifier la transition responsable de cette raie.

Données numériques :

- Constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Conversion : $\text{eV} = 1,61 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

21 Spectre du mercure



20 min

Corrigé
p. 210

Lycée Charlemagne, Paris



Retrouvez le corrigé de cet exercice en vidéo avec

Le spectre d'émission du mercure contient trois raies intenses : jaune, vert et bleu-indigo, de longueurs d'onde respectives $\lambda_j = 579,2 \text{ nm}$, $\lambda_v = 546,2 \text{ nm}$ et $\lambda_b = 436,0 \text{ nm}$.

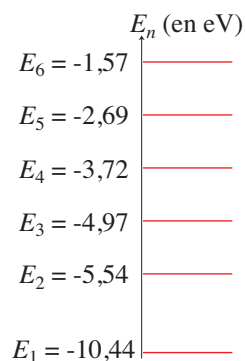
- 1 Calculer l'énergie, en eV, des photons de longueurs d'onde λ_j , λ_v et λ_b .

- 2 Le diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de mercure est donné ci-contre.

- (a) Quelle raie d'émission du mercure correspond à la désexcitation des atomes de mercure des niveaux d'énergie E_6 à E_4 ?

- (b) À quelles désexcitations correspondent les deux autres raies ?

- (c) Reproduire le diagramme et représenter par des flèches les trois désexcitations évoquées dans l'exercice.



Données :

- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Constante de Planck : $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
- $1 \text{ eV} = 1,61 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

1 QCM Lentilles minces

Enoncé
p. 180

- 1 La relation de conjugaison de Descartes indique :

$$\begin{aligned}\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} &= \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{OA} = \frac{1}{OA'} - \frac{1}{f'} \\ \Rightarrow \frac{1}{OA} &= \frac{1}{20} - \frac{1}{10} = -\frac{1}{20} \\ \Rightarrow \overline{OA} &= -20 \text{ cm}\end{aligned}$$

ce qui montre que le point A se situe à gauche de O , à une distance de 20 cm (réponse **d**).

- 2 Quant au grandissement du montage, il est donné par :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{20}{-20} = -1$$

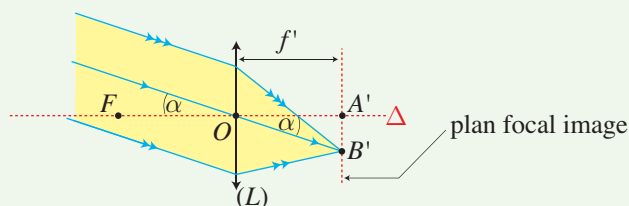
et il est défini par :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -1 \Rightarrow \overline{A'B'} = -\overline{AB} = -5 \text{ cm.}$$

Ce résultat montre que $A'B'$ mesure 5 cm et est inversé par rapport à AB (réponse **b**).

- 3 Une image $A'B'$, située à l'infini, provient d'un objet AB nécessairement placé dans le plan focal objet de (L) , c'est-à-dire à gauche et à 10 cm de (L) (réponse **a**).

- 4 Parmi tous les rayons émis par B (rayons parallèles car B est situé à l'infini, et inclinés d'un angle α par rapport à Δ), traçons celui qui traverse (L) en O , sans être dévié.



Or, l'image B' de B se trouve nécessairement dans le plan focal image de (L) et sur ce rayon lumineux ; il s'agit donc de l'intersection de ce rayon avec le plan focal image de (L) . Quant à l'image A' de A elle se déduit de B' par une projection orthogonale sur Δ (A' et F' sont confondus). On peut désormais calculer, dans le triangle $(OF'B')$:

$$\begin{aligned}\tan \alpha &= \frac{A'B'}{f'} \Rightarrow A'B' = f' \tan \alpha = 10 \times \tan(10^\circ) \\ \Rightarrow A'B' &\approx 1,8 \text{ cm (réponse b)}.\end{aligned}$$

IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

- 5** La relation de conjugaison de Descartes indique que :

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{OA'} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} - \frac{1}{AO}.$$

L'objet étant à gauche de F :

$$\begin{aligned} AO > f' &\Rightarrow \frac{1}{AO} < \frac{1}{f'} \\ &\Rightarrow \frac{1}{f'} + \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} - \frac{1}{AO}. \end{aligned}$$

Donc $\frac{1}{OA'} > 0 \Rightarrow OA' > 0$: l'image A' se trouve à droite de F' ; elle est réelle.

Quant au grandissement $\gamma = \frac{A'B'}{AB}$, il vaut alors :

$$\gamma = \frac{OA'}{OA} \quad \text{avec } OA' > 0 \text{ et } OA < 0.$$

Soit $\gamma < 0$. D'où $\frac{A'B'}{AB} < 0$ (réponse **c**).

- 6** La relation de conjugaison de (L) , avec origine au centre O , indique que :

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{OA} = \frac{1}{OA'} - \frac{1}{f'}.$$

Or, lorsqu'une image est virtuelle, A' se trouve à gauche de O , de sorte que :

$$OA' < 0 \Rightarrow \frac{1}{OA} = \frac{1}{OA'} - \frac{1}{f'} < 0 \Rightarrow OA < 0.$$

Donc A se trouve à gauche de O ; l'objet AB est donc réel (réponse **a**).

2 **CCM** Connaissance du cours

➔ **Enoncé**
p. 181

- 1** Par définition un objet est le point d'intersection des rayons qui arrivent sur (L) ; cet objet est de surcroît virtuel si seuls les prolongements de ces rayons se croisent (réponse **c**).
- 2** Un objet situé à l'infini forme nécessairement une image dans le plan focal image (réponse **a**) et parfois au foyer image (si l'objet se trouve sur l'axe optique).
- 3** La vergence C d'une lentille mince est l'inverse de sa distance focale f' ($C = \frac{1}{f'}$), laquelle désigne la distance qui sépare les foyers de la lentille ; elle caractérise ainsi la position des foyers (réponse **c**).

CORRIGÉS

En revanche, la taille et le sens d'une image sont décrits par le grandissement $\gamma = \frac{A'B'}{AB}$.

- 4 Les relations de conjugaison d'une lentille mince s'écrivent :

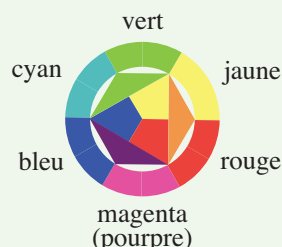
$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} \text{ (réponse [b]).}$$

- 5 Le grandissement d'une lentille mince vérifie :

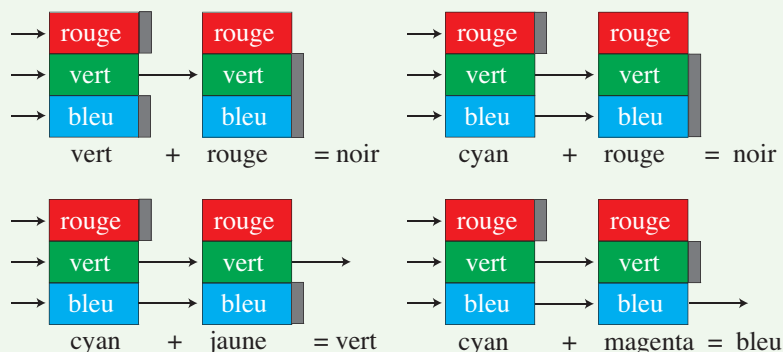
$$\gamma = \frac{OA'}{OA} \text{ (réponse [c]).}$$

C'est d'ailleurs de cette identité qu'est issue la deuxième relation de conjugaison de la question précédente.

- 6 Sur le cercle des couleurs, les couleurs complémentaires sont diamétralement opposées. Par suite, le vert et le pourpre sont des couleurs complémentaires (réponse [a]).



- 7 Le cyan, le jaune et le magenta sont des couleurs secondaires obtenues par synthèse additive de deux couleurs primaires :



Ces schémas révèlent que la synthèse soustractive du cyan et du magenta donne du bleu (réponse [d]).

3 Connaissance du cours

Enoncé
p. 182

- 1 Dans un atome, l'énergie d'un électron est quantifiée (réponse [a]).
2 L'état fondamental d'un atome est son état de plus faible énergie, à partir duquel il ne peut en céder davantage même sous forme de photon). En revanche, un photon peut être absorbé (réponse [b]).

IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

- 3** La désexcitation d'un atome consiste en une transition électronique d'un niveau d'énergie vers un niveau d'énergie inférieure ; puisque ces énergies sont quantifiées, l'énergie du photon émis l'est aussi (réponse **a**).
- 4** La chlorophylle transmet la lumière verte. Cette transmission traduit :
- soit l'existence d'une raie lumineuse verte dans le spectre d'émission de la chlorophylle ;
 - soit l'existence, dans le spectre, de raies sombres dans les parties rouge et bleue (réponse **a**) qui sont les couleurs complémentaires du vert.

4 **QCM** La lumière

Enoncé
p. 183

- 1** À une radiation de fréquence $\nu = 10^{14}$ Hz est associé un photon d'énergie :

$$\varepsilon = h\nu = 6,62 \cdot 10^{-34} \times 10^{14} = 6,62 \cdot 10^{-20} \text{ J.}$$

Ainsi, un faisceau d'énergie totale $\mathcal{E}$ contient un nombre N de photons, tel que :

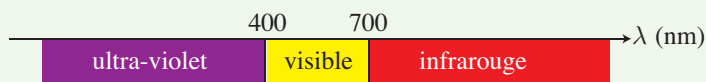
$$\mathcal{E} = N\varepsilon \Rightarrow N = \frac{\mathcal{E}}{\varepsilon}$$

ce qui donne, pour différentes valeurs de $\mathcal{E}$:

$\mathcal{E}$	$3,31 \cdot 10^{-20} \text{ J}$	$1,324 \cdot 10^{-15} \text{ J}$	$1,332 \cdot 10^{-15} \text{ J}$
N	0,5	20 000,0	20 120,8

Or, N ne pouvant qu'être entier, le faisceau d'électrons doit posséder l'énergie $\mathcal{E} = 1,324 \cdot 10^{-15} \text{ J}$ (réponse **b**).

- 2** La lumière visible n'occupe qu'une fraction du spectre électromagnétique :



Ainsi, un rayonnement de longueur d'onde $\lambda < 400 \text{ nm}$ est ultra-violet (réponse **c**).

- 3** Puisque $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$, la raie H_α a pour longueur d'onde :

$$\begin{aligned} \lambda &= 6\,563 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 656,3 \cdot 10^{-9} \text{ m} \\ \Rightarrow \lambda &= 656,3 \text{ nm (réponse b)} \text{ car } 1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m.} \end{aligned}$$

- 4** De la même manière, la raie H_γ a pour longueur d'onde :

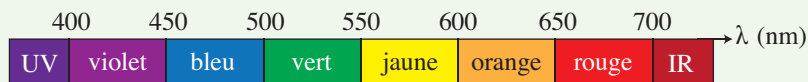
$$\begin{aligned} \lambda &= 4\,102 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,4102 \cdot 10^{-6} \text{ m} \\ \Rightarrow \lambda &\approx 0,41 \text{ } \mu\text{m (réponse a)} \text{ car } 1 \text{ } \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m.} \end{aligned}$$

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

- 5 La longueur d'onde λ d'un rayonnement visible détermine sa couleur :



- Un rayonnement monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 501$ nm produit une lumière bleu-verte ;
- un rayonnement polychromatique de longueurs d'onde $\lambda_1 = 350$ nm (invisible) et $\lambda_2 = 650$ nm (rouge) produit une lumière rouge.
- Un rayonnement polychromatique de longueurs d'onde $\lambda_1 = 420$ nm (violet) et $\lambda_2 = 760$ nm (invisible) produit une lumière violette.
- Un rayonnement polychromatique de longueurs d'onde $\lambda_1 = 520$ nm (vert) et $\lambda_2 = 680$ nm (rouge) produit, par synthèse additive, une lumière jaune (réponse **d**).

- 6 La longueur d'onde λ et la fréquence ν d'un rayonnement sont liées par la loi :

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \Rightarrow c = \lambda \nu \text{ (réponse **a**)}.$$

- 7 L'énergie ε d'un photon associé à un rayonnement vaut :

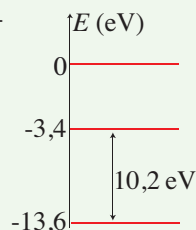
$$\varepsilon = h\nu \text{ avec } \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{hc}{\lambda} \text{ (réponse **c**)}.$$

- 8 La différence d'énergie entre les deux états de l'hydrogène :

$$\Delta E = 1,632 \cdot 10^{-18} \text{ J} = \frac{1,632 \cdot 10^{-18}}{1,61 \cdot 10^{-19}} = 10,2 \text{ eV}$$

ne correspond pas à l'énergie $\varepsilon = 10,5$ eV véhiculée par le photon, lequel n'est donc pas absorbé, même partiellement (réponse **a**).



Remarque : un photon d'énergie supérieure à 13,6 eV aurait pu être absorbé, entraînant l'ionisation de l'atome d'hydrogène ; le supplément d'énergie aurait été attribué à l'électron ainsi libéré.

5 Image d'une lentille mince convergente

Enoncé
p. 184

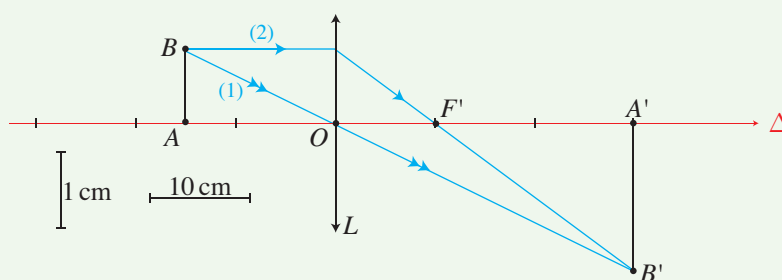
Lycée Jeanne d'Albret, Saint-Germain-en-Laye

- 1 Pour trouver l'image B' de B , il suffit d'utiliser deux des trois rayons remarquables issus de B :

- le rayon (1) traverse L en O sans être dévié ;

IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

- le rayon (2), qui arrive sur L parallèlement à l'axe optique (Δ) ressort de L en passant par le foyer image F' , tel que $\overline{OF'} = f' = 10$ cm.



L'intersection de ces deux rayons émergeant de L coïncide avec B' , dont la projection sur Δ donne A' . On trouve ainsi les caractéristiques de l'image $A'B'$:

- $A'B'$ se trouve à la distance $\overline{OA'} = 30$ cm de L ;
- $A'B' = 2$ cm.

2 La relation de conjugaison de L impose :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} = -\frac{1}{0,15} + \frac{1}{0,1} \Rightarrow \overline{OA'} = 0,30 \text{ m}$$

tandis que le grandissement γ du montage vérifie :

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{0,3}{-0,15} = -2 \\ \Rightarrow \overline{A'B'} &= -2 \times \overline{AB} = -2,0 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Ces deux résultats confirment alors ceux de la question précédente.

6 Calcul d'une distance focale

Enoncé
p. 184

Lycée Jeanne d'Albret, Saint-Germain-en-Laye

- 1** En choisissant $\overline{AB} = 1$ cm, les informations de l'énoncé conduisent à $\overline{A'B'} = -1$ cm. Par suite, le grandissement du montage vaut :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -1.$$

- 2** Le grandissement s'exprime aussi en fonction de $\overline{OA'}$ et de $\overline{OA}$:

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = -1 \Rightarrow \overline{OA'} = -\overline{OA}. \quad (25)$$

- 3** Par définition :

$$D = \overline{AA'} = \overline{AO} + \overline{OA'} = -\overline{OA} + \overline{OA'}$$

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

où le résultat (25) fournit :

$$\overline{OA'} = -\overline{OA} \Rightarrow D = -2 \overline{OA}.$$

- 4 En tenant compte du résultat (25), la relation de conjugaison du montage s'écrit :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} = -\frac{2}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \overline{OA} = -2 f'.$$

- 5 Des deux résultats précédents, il découle que :

$$\begin{aligned} D &= -2 \overline{OA} = -2 \times (-2 f') = 4 f' \Rightarrow f' = \frac{D}{4} \\ \Rightarrow f' &= \frac{40}{4} = 10 \text{ cm.} \end{aligned}$$

7 Lentille mince convergente

Enoncé
p. 184

Lycée Paul Bert, Paris

- 1 Soit C la vergence de L et soit $f' = \frac{1}{C}$ sa distance focale ; la relation de conjugaison de L indique que :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} = C$$

où :

$$\begin{cases} \overline{OA} = -1,2 \text{ m (AB en avant de L)} \\ \overline{OA'} = 0,6 \text{ m (A'B' après L)} \end{cases}$$

conduisent à :

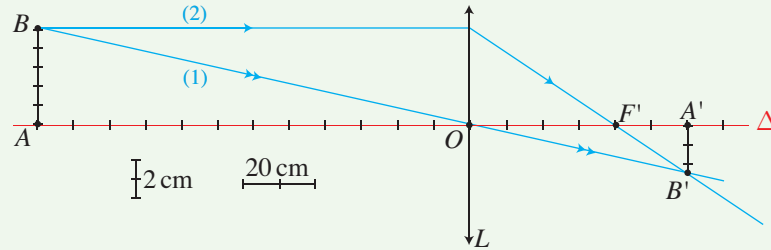
$$C = \frac{1}{0,6} + \frac{1}{1,2} = \frac{1}{0,4} \Rightarrow C = 2,5 \delta \Rightarrow f' = 0,4 \text{ m} = 40 \text{ cm.}$$

Graphiquement, il est possible de localiser directement les points O , A et A' sur l'axe optique Δ de L , grâce aux données fournies par l'énoncé.

De tous les rayons émis par B , deux au moins sont remarquables :

- le rayon (1) qui passe par O n'est pas dévié et ressort de L en passant par B' , dont la projection sur Δ coïncide avec A' . Ce rayon permet ainsi de localiser B' ;
- le rayon (2), qui arrive sur L parallèlement à Δ , ressort de L en passant par B' mais aussi par le foyer image F' .

IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7



Par ce moyen, on retrouve graphiquement la valeur de la distance focale :

$$f' = \overline{OF'} = 40 \text{ cm.}$$

- 2** Le grandissement du montage vaut :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{0,6}{-1,2} \Rightarrow \gamma = -0,5$$

tandis qu'il est défini par le rapport :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \Rightarrow \overline{A'B'} = \gamma \times \overline{AB} = -0,5 \times 5 \Rightarrow \overline{A'B'} = -2,5 \text{ cm.}$$

Ce résultat montre que l'image $A'B'$ mesure 2,5 cm et que cette image est en sens contraire par rapport à l'objet ($\overline{A'B'} < 0$ avec $\overline{AB} > 0$) ; ces deux résultats sont confirmés par la représentation graphique précédente.

- 3** Lorsque AB se trouve à 10 cm, en avant de la lentille : $\overline{OA} = -0,1 \text{ m}$ conduit à :

$$\begin{aligned} \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} &= \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} = -\frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,4} \\ &\Rightarrow \overline{OA'} \approx -0,13 \text{ m} \approx -13 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Le signe obtenu pour $\overline{OA'}$ montre que l'image $A'B'$ est virtuelle (elle se trouve à gauche de O), avec un grandissement :

$$\begin{aligned} \gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} &= \frac{-13}{-10} = 1,3 \Rightarrow \overline{A'B'} = 1,3 \times \overline{AB} = 1,3 \times 5 \\ &\Rightarrow \overline{A'B'} = 6,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

ce qui révèle que l'image $A'B'$ a une hauteur de 6,5 cm et est orientée dans le même sens que l'objet AB ($\overline{AB}$ et $\overline{A'B'}$ ont le même signe).

Puisque l'image $A'B'$ est virtuelle, elle peut être observée par l'œil situé à droite de L auquel cas L peut servir de loupe (même si le grandissement $\gamma = 1,3$ est faible).

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

8 Construction de l'image d'une lentille

Enoncé
p. 185

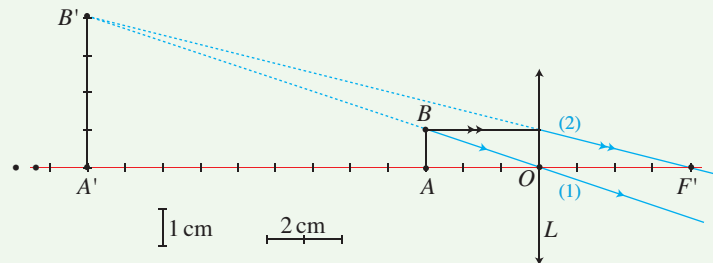
Lycée Blanche de Castille, Villemomble

- 1 La vergence C d'une lentille est définie comme l'inverse de sa distance focale f' :

$$C = \frac{1}{f'} = \frac{1}{0,04} \Rightarrow C = 25 \text{ dioptries.}$$

- 2 Soit F' le foyer image de la lentille L , tel que $\overline{OF'} = f' = 4 \text{ cm}$. Parmi tous les rayons issus du point B (hors de l'axe optique), au moins deux sont remarquables :

- le rayon (1) qui passe par O n'est pas dévié ;
- le rayon (2) qui arrive sur L parallèlement à l'axe optique (Δ) émerge de L en passant par F' .



En sortant de L ces deux rayons divergent, c'est pourquoi il faut tracer leurs prolongements (en pointillé), afin de trouver leur point d'intersection B' , dont la projection sur Δ coïncide avec A' . Cette construction graphique montre que :

$$\overline{OA'} = -12 \text{ cm et } \overline{A'B'} = 4 \text{ cm.} \quad (26)$$

- 3 L'image B' est virtuelle car les rayons ne convergent pas réellement vers B' (seuls les prolongements passent par B'). Par conséquent, cette image ne peut pas être formée sur un écran.
- 4 La relation de conjugaison du dispositif indique que :

$$\begin{aligned} \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} &= \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} = -\frac{1}{0,03} + \frac{1}{0,04} \\ \Rightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} &= -\frac{0,01}{12 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow \overline{OA'} = -12 \cdot 10^{-2} \text{ m} = -12 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Par conséquent, le grandissement γ du montage vaut :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{-12}{-3} = 4$$

c'est-à-dire, compte tenu de la définition de γ :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = 4 \Rightarrow \overline{A'B'} = 4 \overline{AB} = 4 \times 1 \Rightarrow \overline{A'B'} = 4,0 \text{ cm.}$$

Ces deux résultats sont compatibles avec les valeurs (26) trouvées ci-dessus.

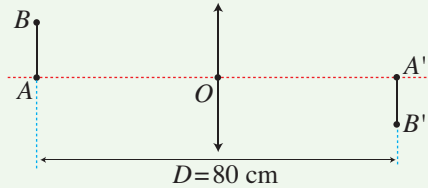
IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

9 Calcul d'une distance focale

Enoncé
p. 185

Lycée Hoche, Versailles

Soit O la position du centre optique de la lentille L , qui forme de AB une image nette $A'B'$ sur l'écran.



Puisque l'image a la même taille que l'objet, le grandissement γ du système vérifie :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \Rightarrow |\gamma| = \frac{A'B'}{AB} = 1$$

avec :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \Rightarrow |\gamma| = \frac{OA'}{OA} = 1 \Rightarrow OA' = OA$$

d'où il ressort que :

$$OA' + OA = D \Rightarrow 2 OA = D \Rightarrow OA' = OA = \frac{D}{2}. \quad (27)$$

Ainsi, la relation de conjugaison du montage fournit la distance focale f' de L :

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

car :

$$\overline{OA'} > 0 \Rightarrow \overline{OA'} = OA' \text{ et } \overline{OA} < 0 \Rightarrow \overline{OA} = -OA.$$

La relation (27) conduit alors à :

$$\frac{1}{f'} = \frac{2}{D} + \frac{2}{D} = \frac{4}{D} \Rightarrow f' = \frac{D}{4} = \frac{80}{4} = 20 \text{ cm}.$$

10 Couleur des objets

Enoncé
p. 185

Lycée Notre Dame du Grandchamp, Versailles

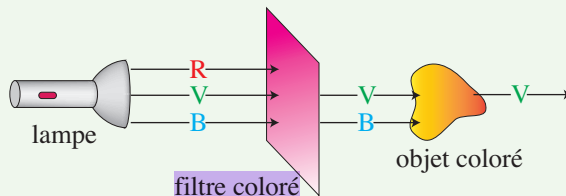
- 1 La lumière blanche contient les trois couleurs primaires : rouge (R), vert (V) et bleu (B). Le filtre cyan absorbe le rouge (afin de laisser passer le cyan, composé des couleurs verte et bleue).

Quant au jaune, il absorbe la couleur bleue (car, en lumière blanche, l'objet restitue les couleurs rouge et verte qui composent le jaune) ; voir schéma page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS



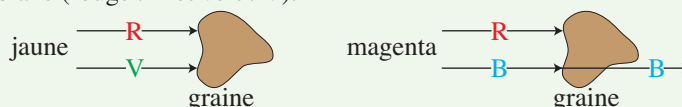
- 2 Le schéma précédent révèle que l'objet coloré apparaîtra alors vert.

11 Couleur d'un arbre

Enoncé
p. 186

Lycée Berlioz, Vincennes

- 1 Puisque la graine paraît bleue lorsqu'elle est éclairée en lumière blanche, c'est qu'elle absorbe les deux autres couleurs primaires qui composent le blanc (rouge : R et vert : V).



Donc, lorsque la graine est éclairée avec une lumière jaune (composée de rouge et de vert), elle paraît noire car elle absorbe ces deux couleurs.

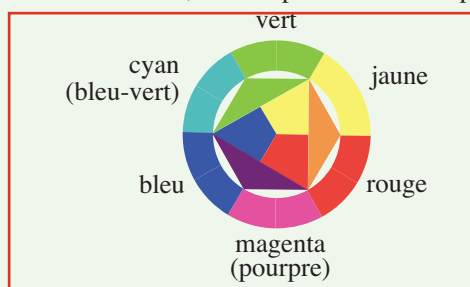
- 2 En revanche, éclairée en lumière magenta (composée de rouge et de bleu), elle paraît bleue (le rouge étant absorbé).

12 Projecteurs colorés

Enoncé
p. 186

Lycée Picasso, Fontenay-Sous-Bois

- 1 La composition de lumière provenant de plusieurs sources produit une synthèse additive des couleurs, dont on peut d'ailleurs rappeler le cercle :



- 2 Le cercle précédent rappelle rapidement comment obtenir :
- un éclairage jaune à partir de projecteurs vert et rouge ;
 - un éclairage cyan à partir de projecteurs vert et bleu.
- 3 Enfin, l'éclairage blanc s'obtient en réalisant la synthèse additive des trois couleurs primaires : le vert, le rouge et le bleu.

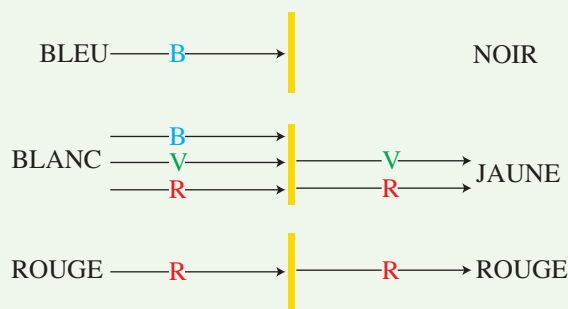
IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

13 Drapeaux filtrés

Enoncé
p. 186

Lycée Guynemer, Compiègne

Il faut utiliser un filtre qui transforme la bande centrale blanche en bande jaune, c'est-à-dire un filtre jaune, qui absorbe la couleur bleue, mais transmet les deux autres couleurs primaires (vert : V et rouge R) : voir illustration page ci-contre.



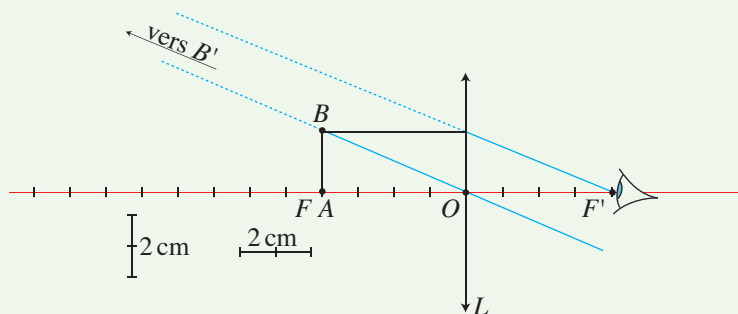
À travers ce filtre, les bandes bleue, blanche et rouge du drapeau français apparaîtront alors respectivement noire, jaune et rouge.

14 Œil et loupe

Enoncé
p. 186

Lycée Marie Curie, Sceaux

- Un œil normal peut voir nettement des objets qui se trouvent à l'infini, notamment l'image $A'B'$ que la loupe L (lentille convergente de centre optique O) forme du timbre AB . Or, $A'B'$ est rejeté à l'infini si AB est dans le plan focal objet de L , c'est-à-dire si la distance OA s'identifie à la distance focale $f' = \frac{1}{C} = 0,04 \text{ m}$ (soit $f' = 4 \text{ cm}$) : $OA_{\max} = 4 \text{ cm}$.



Remarque : il s'agit de la valeur maximale de la distance OA car l'œil ne peut observer que l'image virtuelle $A'B'$ de AB , ce qui impose la localisation de A entre O et le foyer objet F .

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

- 2 L'image $A'B'$ vue par l'œil étant virtuelle, le point A' (ainsi que le point A) se trouve à gauche de L , en conséquence de quoi :

$$\begin{cases} \overline{OA'} < 0 \\ \overline{OA} < 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \overline{OA'} = -OA' \\ \overline{OA} = -OA \end{cases}$$

Quant à la distance séparant l'œil (en F') et l'image $A'B'$ fournie par L , elle vaut :

$$\begin{aligned} F'A' &= F'O + OA' = f' + OA' \geq 25 \text{ cm} \\ \Rightarrow OA' &\geq 25 - f' = 25 - 4 = 21 \text{ cm} = 0,21 \text{ m} \\ \Rightarrow \frac{1}{OA'} &\leq \frac{1}{0,21} \text{ dioptries.} \end{aligned}$$

La relation de conjugaison du montage impose alors :

$$\begin{aligned} \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} &= \frac{1}{f'} \Rightarrow -\frac{1}{OA'} + \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} \\ \Rightarrow \frac{1}{OA} &= \frac{1}{f'} + \frac{1}{OA'} \leq \frac{1}{0,04} + \frac{1}{0,21} \approx 29,76 \text{ m}^{-1} \\ \Rightarrow OA &\geq 3,36 \cdot 10^{-2} \text{ m} \approx 3,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

ce qui donne la valeur minimale de OA :

$$OA_{\min} \approx 3,4 \text{ cm.}$$

- 3 C'est lorsqu'il n'accommode pas que l'œil fatigue le moins et cette situation se produit lors d'une observation au PR de l'œil, c'est-à-dire ici, lorsque $A'B'$ est à l'infini. Donc, l'observation de AB à 4 cm de L est la plus confortable.

15 Vieillessement du cristallin

Enoncé
p. 187

Lycée Charlemagne, Paris

- 1 (a) Sauf accident, la distance qui sépare le cristallin de la rétine ne change pas avec l'âge d'une personne adulte. Dans le modèle optique cette distance correspond à d .
- (b) Un objet très éloigné forme une image A' au foyer image f' de la lentille c'est-à-dire telle que $\overline{OA'} = f'_{\min} = \frac{1}{C_{\min}}$ où $C_{\min} = 59 \delta$ correspond à la valeur minimale de C (celle pour laquelle la lentille est la moins convergente).

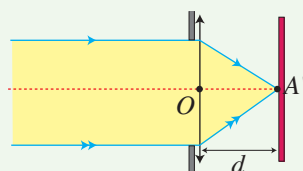


figure 1

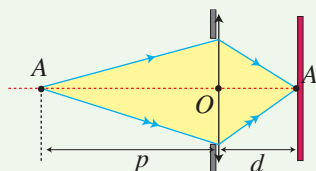


figure 2

IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Numériquement, on trouve ainsi :

$$\overline{OA'} = \frac{1}{59} \approx 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ m} \Rightarrow \overline{OA'} \approx d = 1,7 \text{ cm.}$$

On remarque non seulement que :

$$\frac{1}{d} = C_{\min} = 59 \delta \quad (28)$$

mais également (cf. figure 1) que l'image A' se forme sur l'écran (car $\overline{OA'} = d$), ce qui signifie aussi que le cristallin n'a pas besoin d'accommoder.

- (c) Pour qu'un objet A , situé à une distance p finie de la lentille, soit associé à une image nette A' sur l'écran (cf. figure 2), la lentille doit adopter une vergence C qui respecte la relation de conjugaison de Descartes :

$$\begin{aligned} \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} &= \frac{1}{f'} = C \text{ avec } \overline{OA'} = d \text{ et } \overline{OA} = -p \\ \Rightarrow \frac{1}{d} + \frac{1}{p} &= C \Rightarrow \frac{1}{p} = C - \frac{1}{d} \end{aligned}$$

où la relation (28) fournit :

$$\frac{1}{d} = C_{\min} \Rightarrow \frac{1}{p} = C - C_{\min}.$$

La plus petite valeur de p est alors atteinte lorsque $C = C_{\max}$, c'est-à-dire :

$$\frac{1}{p} = C_{\max} - C_{\min} = 65 - 59 = 6 \delta \Rightarrow p \approx 0,167 \text{ m} = 17 \text{ cm.} \quad (29)$$

- 2** (a) Pour la personne de 50 ans, $C'_{\min} = C_{\min}$ montre que la vision de loin n'est pas modifiée (A' se forme à une distance $\overline{OA'} = \frac{1}{C'_{\min}}$ qui correspond à la taille d de l'œil).
- (b) En revanche, la distance minimale p' de vision nette de cet œil est donnée grâce à la relation (29) :

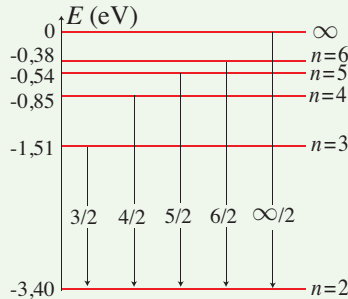
$$\frac{1}{p'} = C'_{\max} - C'_{\min} = 61 - 59 = 2 \delta \Rightarrow p' = \frac{1}{2} \approx 0,5 \text{ m} = 50 \text{ cm.}$$

16 Niveaux d'énergie de l'hydrogène

Enoncé
p. 187

Lycée Saint-Exupéry, Mantes-la-Jolie

- 1** Le niveau d'énergie $E = 0 \text{ eV}$ correspond à l'énergie à partir de laquelle un électron n'est plus lié au noyau de l'atome d'hydrogène.
- 2** (a) À partir des niveaux d'énergie fournis par l'énoncé, il est possible d'envisager cinq transitions électroniques du niveau i au niveau 2 (notés $3/2$, $4/2$, $5/2$, $6/2$ et $\infty/2$ sur le diagramme page suivante).



Soit E_i l'énergie du niveau i et soit $E_2 = -3,40$ eV celle du niveau $n = 2$. Chacune des transitions $i/2$ représentée sur le diagramme s'accompagne de la libération d'une énergie :

$$\Delta E_i = E_i - E_2,$$

c'est-à-dire, compte tenu des valeurs numériques de ces énergies :

$$\begin{array}{l|l} \Delta E_{3/2} = 1,89 \text{ eV} & \Delta E_{6/2} = 3,02 \text{ eV} \\ \Delta E_{4/2} = 2,55 \text{ eV} & \Delta E_{\infty/2} = 3,40 \text{ eV} \\ \Delta E_{5/2} = 2,86 \text{ eV} & \end{array}$$

- (b) La libération d'une énergie $\Delta E_{i/2}$ se traduit par l'émission d'un photon de longueur d'onde $\lambda_{i/2}$ de même énergie $\varepsilon = \frac{hc}{\lambda_{i/2}}$:

$$\varepsilon = \Delta E_{i/2} \Rightarrow \frac{hc}{\lambda_{i/2}} = \Delta E_{i/2} \Rightarrow \lambda_{i/2} = \frac{hc}{\Delta E_{i/2}}.$$

Remarque : dans cette relation, $\Delta E_{i/2}$ doit être exprimée en joule. Or, sachant que $1 \text{ eV} = 1,61 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, il est possible d'utiliser les valeurs numériques de $\Delta E_{i/2}$, obtenues en eV dans la question précédente, à condition d'effectuer l'opération :

$$\lambda_{i/2} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{1,61 \cdot 10^{-19} \times \Delta E_{i/2} (\text{en eV})}. \quad (30)$$

On obtient ainsi :

$$\begin{array}{l|l} \lambda_{3/2} = 6,57 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 657 \text{ nm} & \lambda_{6/2} = 4,11 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 411 \text{ nm} \\ \lambda_{4/2} = 4,87 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 487 \text{ nm} & \lambda_{\infty/2} = 3,65 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 365 \text{ nm} \\ \lambda_{5/2} = 4,34 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 434 \text{ nm} & \end{array}$$

Ces valeurs numériques montrent que la plus petite longueur d'onde ($\lambda_{\infty/2} = 365 \text{ nm}$) correspond à la transition électronique de plus grande énergie. Or, puisque $\lambda_{\infty/2} < 400 \text{ nm}$, cette radiation n'est pas visible (elle appartient aux ultra-violets).

IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

17 Niveaux d'énergie du sodium

Enoncé
p. 188

Lycée Bertioz, Vincennes

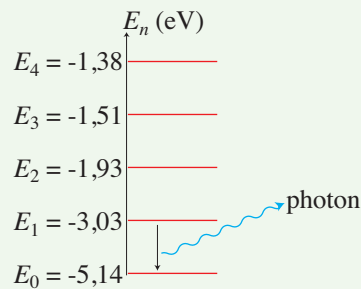
- 1 Un rayonnement de longueur d'onde λ est associé à un photon d'énergie :

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{589 \cdot 10^{-9}} = 3,37 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ &= \frac{3,37 \cdot 10^{-19}}{1,61 \cdot 10^{-19}} = 2,11 \text{ eV}.\end{aligned}$$

- 2 La différence d'énergie entre les niveaux d'énergie E_1 et E_0 vaut :

$$\begin{aligned}E_1 - E_0 &= -3,03 + 5,14 \\ &= 2,11 \text{ eV}\end{aligned}$$

et, puisqu'elle s'identifie à ε , cela signifie que ce photon a été émis par l'atome alors qu'il passait du niveau d'énergie E_1 au niveau d'énergie E_0 .



- 3 En recevant une énergie de 1,30 eV depuis son niveau d'énergie $E_1 = -3,03 \text{ eV}$, l'atome devrait posséder l'énergie :

$$E' = E_1 + 1,30 = -3,03 + 1,30 = -1,73 \text{ eV}.$$

Cependant, il n'en fera rien car E' ne correspond à aucune énergie du spectre ; ce photon ne sera pas absorbé par l'atome de sodium.

18 Étude documentaire : « Lumières d'étoiles »

Enoncé
p. 188

Lycée Pablo Picasso, Fontenay-Sous-Bois

- 1 (a) Le spectre visible est composé de radiations dont les longueurs d'onde sont comprises entre 400 nm (violet) et 700 nm (rouge).
(b) La longueur d'onde λ (en mètres) d'une radiation de fréquence ν (en hertz) vaut :

$$\lambda = \frac{c}{\nu}.$$

- (c) Compte tenu de la réponse précédente, les micro-ondes et les rayons X ont pour longueurs d'onde respectives dans le vide :

$$\lambda_{\text{micro-ondes}} = \frac{c}{\nu_{\text{micro-ondes}}} = \frac{3 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^{14}} = 10^{-6} \text{ m} = 1\,000 \text{ nm}$$

et :

$$\lambda_X = \frac{c}{\nu_X} = \frac{3 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^{18}} = 10^{-10} \text{ m} = 0,1 \text{ nm}.$$

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

CORRIGÉS

(d) L'énergie ε d'un photon est proportionnelle à la fréquence de la radiation associée : $\varepsilon = h\nu$, en raison de quoi les rayons X sont plus énergétiques que les micro-ondes.

2 (a) Le Soleil émet, initialement, un spectre continu (sans raies noires). Ce sont ses couches superficielles qui, en absorbant certains rayonnements, provoquent leur disparition du spectre comme il nous parvient sur Terre. Ce sont donc des raies d'absorption.

(b) On repère facilement, dans le spectre fourni, les raies d'absorption :

• de l'hydrogène :

λ (nm)	410,1	434,0	486,1	656,3
raie	B	C	D	G

• du sodium : raies F₁ (589,0 nm) et F₂ (589,6 nm).

De cette analyse, on conclut que la surface du Soleil contient de l'hydrogène et du sodium, mais pas d'hélium.

3 (a) L'état fondamental est celui qui possède la plus petite énergie, en l'occurrence $-13,6$ eV pour l'atome d'hydrogène.

(b) Lorsque l'atome d'hydrogène passe du niveau d'énergie $E_6 = -0,37$ eV au niveau d'énergie $E_2 = -3,39$ eV, son énergie varie de la quantité :

$$\Delta E_{\text{atome}} = E_2 - E_6 = -3,39 + 0,37 = -3,02 \text{ eV}.$$

(c) Puisque $1 \text{ eV} = 1,61 \cdot 10^{-19} \text{ eV}$:

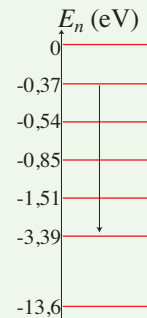
$$\Delta E_{\text{atome}} = -3,02 \times 1,61 \cdot 10^{-19} = -4,83 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

(d) La transition proposée se présente schématiquement de la manière ci-contre.

(e) À l'énergie $\varepsilon = 4,83 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ est associé un photon dont la fréquence ν vérifie la loi :

$$\begin{aligned} \varepsilon = h\nu &\Rightarrow \nu = \frac{\varepsilon}{h} = \frac{4,83 \cdot 10^{-19}}{6,62 \cdot 10^{-34}} \\ &= 7,30 \cdot 10^{14} \text{ Hz}. \end{aligned}$$

(f) Puisque l'atome perd de l'énergie ($\Delta E < 0$), cette énergie s'échappe de l'atome ainsi devenu émetteur de photon.



19 Atome d'hydrogène

Enoncé
p. 190

Lycée Saint-Exupéry, Mantes-la-Jolie

1 L'énergie d'ionisation E_{ion} d'un atome d'hydrogène est l'énergie que doit recevoir un électron pour passer de son niveau d'énergie fondamental $E_1 = -13,6$ eV au niveau d'énergie $E_{\infty} = 0$ eV, c'est-à-dire :

$$E_{\text{ion}} = E_{\infty} - E_1 \Rightarrow E_{\text{ion}} = 13,6 \text{ eV}.$$

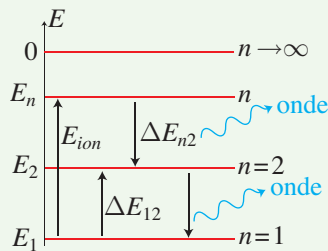
IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

- 2** Lorsqu'un électron passe du niveau $n = 1$ au niveau $n = 2$, son énergie s'accroît de la quantité :

$$\Delta E_{12} = E_2 - E_1 = -\frac{13,6}{4} + \frac{13,6}{1} = 10,2 \text{ eV}.$$

Cette énergie peut avoir diverses origines, notamment le choc d'un autre électron, qui doit lui-même posséder l'énergie :

$$\mathcal{E}_{\min} = 10,2 \text{ eV}.$$



- 3** Lorsque l'électron se désexcite du niveau $n = 2$ au niveau $n = 1$, il perd l'énergie $\Delta E_{12} = 10,2 \text{ eV}$, qui peut être évacuée sous forme d'onde électromagnétique, dont la longueur λ d'onde vérifie :

$$\begin{aligned} \Delta E_{12} = \frac{hc}{\lambda} &\Rightarrow \lambda = \frac{hc}{\Delta E_{12}} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{10,2 \times 1,61 \cdot 10^{-19}} \\ &\Rightarrow \lambda = 122 \text{ nm}. \end{aligned}$$

- 4** Lorsque les électrons passent d'un niveau n au niveau $n = 2$, leur énergie diminue de la quantité :

$$\begin{aligned} \Delta E_{n2} &= E_n - E_2 = -\frac{13,6}{n^2} + \frac{13,6}{4} \\ &= 13,6 \times \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ (en eV)} \\ &= 13,6 e \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ (en J)}. \end{aligned}$$

Cette énergie peut alors être transformée en rayonnement, dont la fréquence ν vérifie :

$$h\nu = \Delta E_{n2} \Rightarrow \nu = \frac{\Delta E_{n2}}{h} = \frac{13,6 e}{h} \times \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right).$$

20 Spectre du mercure

Lycée Guynemer, Compiègne

→ Enoncé
p. 191

- 1** Lorsque l'atome de mercure passe du niveau 2 au niveau fondamental, il perd l'énergie :

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_2 - E_1 = 4,90 - 0 = 4,90 \text{ eV} \\ &= 4,90 \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 7,84 \cdot 10^{-19} \text{ J}. \end{aligned}$$

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Cette énergie peut être évacuée sous forme de photon associé à la longueur d'onde λ telle que :

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{7,84 \cdot 10^{-19}}$$

$$\Rightarrow \lambda = 2,53 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 253 \text{ nm.}$$

- 2** Au rayonnement de longueur d'onde $\lambda = 546 \text{ nm} = 546 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ est associé un photon d'énergie :

$$\varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{546 \cdot 10^{-9}} \approx 3,64 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$= \frac{3,64 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,27 \text{ eV.}$$

À l'aide des valeurs numériques fournies, on remarque également que la transition de l'atome de mercure des niveaux d'énergie E_5 et E_3 s'accompagne d'une perte d'énergie :

$$\Delta E = E_5 - E_3 = 7,72 - 5,45 = 2,27 \text{ eV.}$$

Puisque $\Delta E = \varepsilon$, c'est cette transition qui est responsable de la raie verte.

21 Spectre du mercure

Enoncé
p. 191

Lycée Charlemagne, Paris

 Retrouvez le corrigé de cet exercice en vidéo avec 

- 1** À chaque radiation de longueur d'onde λ est associé un photon d'énergie

$$\varepsilon = \frac{hc}{\lambda}, \text{ c'est-à-dire, pour les trois raies intenses du mercure :}$$

$$\varepsilon_j = 3,43 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \frac{3,43 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 2,14 \text{ eV;}$$

$$\varepsilon_v = 3,64 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \frac{3,64 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 2,27 \text{ eV;}$$

$$\varepsilon_b = 4,56 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \frac{4,56 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 2,85 \text{ eV.}$$

- 2** (a) Lorsque l'atome passe du niveau d'énergie E_6 au niveau d'énergie E_4 , il perd l'énergie :

$$|\Delta E_{6 \rightarrow 4}| = |E_4 - E_6| = |-3,72 + 1,57| = 2,15 \text{ eV}$$

qui s'identifie à ε_j ; l'atome émet alors la raie jaune.

IMAGES ET COULEURS • CHAP. 7

- (b) Parmi toutes les transitions possibles, remarquons que :

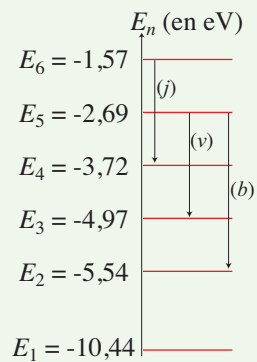
$$|\Delta E_{5 \rightarrow 3}| = |E_3 - E_5| = |-4,97 + 2,69| = 2,28 \text{ eV}$$

et :

$$|\Delta E_{5 \rightarrow 2}| = |E_2 - E_5| = |-5,54 + 2,69| = 2,85 \text{ eV}.$$

L'identification de ces valeurs avec ε_v et ε_b permet d'affirmer que c'est à l'issue des transitions $5 \rightarrow 3$ et $5 \rightarrow 2$ que sont émises respectivement les raies verte et bleue.

- (c) L'émission des trois raies intenses du spectre de l'atome de mercure se produit consécutivement à trois désexcitations de l'atome, représentées ci-dessous.



COURS

INTERROS

CORRIGÉS