

COLLECTION
GALILEO

1^{re}L
ENSEIGNEMENT
SCIENTIFIQUE

Physique Chimie

Livre du professeur

Sous la direction de
Jérôme COUP

Bernard DURIAUD
Cécile GHESQUIÈRE
Gérard GOMEZ
Arnaud JAM
Marie JAN
André MARGARIT
Jean-Louis MAURIN
Jean-Claude PAUL

BORDAS

Sommaire

PARTIE 1

La représentation visuelle du monde

CHAPITRE 1 Comment se forment les images ?	3
<i>Corrigés des exercices</i>	5
CHAPITRE 2 L'œil et ses défauts	6
<i>Corrigés des exercices</i>	8
CHAPITRE 3 Lumières colorées. Couleurs des objets	9
<i>Corrigés des exercices</i>	11
CHAPITRE 4 Apparences de la perception visuelle	12
<i>Corrigés des exercices</i>	13

PARTIE 2

Alimentation et environnement

CHAPITRE 5 Les eaux naturelles	15
<i>Corrigés des exercices</i>	17
CHAPITRE 6 Des eaux naturelles à l'eau potable	18
<i>Corrigés des exercices</i>	20
CHAPITRE 7 Les oligoéléments	21
<i>Corrigés des exercices</i>	22
CHAPITRE 8 Les glucides	23
<i>Corrigés des exercices</i>	24
CHAPITRE 9 Conservation des aliments : les agents anti-oxygènes	26
<i>Corrigés des exercices</i>	27

PARTIE 3

Physique et chimie dans la cuisine

CHAPITRE 10 La cuisine dans tous ses états	28
<i>Corrigés des exercices</i>	30
CHAPITRE 11 Chimie et cuisine	31
<i>Corrigés des exercices</i>	32
CHAPITRE 12 Chimie et lavage	33
<i>Corrigés des exercices</i>	34

PARTIE 4

Enjeux planétaires énergétiques

CHAPITRE 13 Les énergies fossiles et la pollution atmosphérique	35
<i>Corrigés des exercices</i>	37
CHAPITRE 14 Production d'énergie électrique dans une centrale	39
<i>Corrigés des exercices</i>	40
CHAPITRE 15 Centrales nucléaires et radioactivité	42
<i>Corrigés des exercices</i>	43
Pour préparer le bac	
<i>Corrigés des exercices</i>	45

Couverture : Gérard Fally / Pom'S – Composition et photogravure : Frédérique Grangier / Soft Office
Schémas : DOMINO – Fabrication : Jean-Philippe Dore – Édition : Patricia Murguiondo

© BORDAS / VUEF 2003
I.S.B.N. 2-04-729705-2

Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur, ou de ses ayants-droit, ou ayants-cause, est illicite (article L. 122-4 du Code de la Propriété Intellectuelle). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par l'article L. 335-2 du Code de la Propriété Intellectuelle. Le Code de la Propriété Intellectuelle n'autorise, aux termes de l'article L. 122-5, que les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective d'une part et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration.

1 Comment se forment les images ?

Le programme

D'après le B.O. hors série n° 7 du 30 août 2000		D'après le B.O. n° 19 du 9 mai 2002
Notions et contenus	Activités envisageables	Notions et contenus
<p>Formation des images optiques Un objet ne peut être vu que s'il émet de la lumière et que celle-ci pénètre dans l'œil. Le cerveau interprète la lumière comme se propageant en ligne droite. Les milieux transparents permettent la propagation de la lumière. Une lentille modifie le trajet de la lumière. Point-objet, point image ; image d'un objet étendu. Tout rayon optique issu d'un point-objet émerge de la lentille en passant par un point-image correspondant. Éléments caractéristiques d'une lentille mince : centre optique, axe optique, foyer. Construction géométrique de l'image, d'un petit objet-plan par une lentille convergente. <i>Limites :</i> <i>Les relations de conjugaison (position, grandissement) ne seront ni établies, ni utilisées ;</i> <i>Toute relation entre le rayon de courbure et la vergence est hors programme ;</i> <i>Les conditions de Gauss, les développements sur les aberrations sont hors programme.</i></p>	<p>TP1 et TP2 : – Reconnaître au toucher une lentille mince convergente d'une lentille divergente, par la déviation produite sur un faisceau de lumière parallèle, par l'effet de grossissement ou de réduction des objets (plus une lentille est bombée, plus elle est convergente). – Notion de foyer image, de distance focale ; détermination de la distance focale d'une lentille convergente ; relation entre distance focale et vergence. – Obtention d'une image avec une lentille convergente. Taille, position, sens de l'image. – Observer une image agrandie et non retournée avec une lentille convergente et une lentille divergente.</p>	<p>– Reconnaître une lentille convergente ou divergente par une méthode au choix : par la déviation produite par un faisceau de lumière parallèle, par effet de grossissement ou de réduction des objets, par le toucher. – Savoir que plus une lentille est bombée, plus elle est convergente. – Connaître les schémas de représentation d'une lentille mince convergente ou divergente. – Déterminer ou reconnaître sur un schéma la distance focale d'une lentille mince convergente. Reconnaître ou positionner le foyer sur un schéma. – Reconnaître la nature CV ou DV d'une lentille mince par la donnée de la vergence. – Utiliser la relation de définition de la vergence. – Savoir que tout rayon optique d'un point-objet qui tombe sur la lentille, émerge de celle-ci en passant par le point-image correspondant. – Lire sur un schéma la position, le sens et la taille d'une image d'un point lumineux à travers une lentille.</p>

On étudie l'effet d'une lentille sur un rayon lumineux afin d'expliquer, dans le chapitre 2, la correction des défauts de l'œil par des verres correcteurs. On s'efforce, comme dans tout l'ouvrage, de rattacher l'enseignement à la vie de tous les jours.

Après avoir rappelé la propagation rectiligne de la lumière dans un milieu homogène, on observe l'effet d'une lentille sur un faisceau parallèle. On introduit ainsi les notions de pouvoir convergent d'une lentille et de foyer image.

On conclut ce chapitre par la notion d'image d'un objet donnée par une lentille. Les élèves doivent alors savoir tracer le chemin de rayons lumineux à travers une lentille.

Activités de découverte

Il est prévu deux TP dans le programme officiel : le TP1 correspond approximativement aux activités 1, 2 et 3, le TP2 à l'activité 4.

• **Matériel :** morceau de carton, feuilles blanches A4 et épingles ; jeu de lentilles convergentes + 2 \wp + 3 \wp + 5 \wp + 8 \wp et + 10 \wp ; jeu de lentilles divergentes – 2 \wp – 3 \wp – 5 \wp ; source lumineuse de rayons parallèles et lentilles en plexiglas (matériel Pierron) ; banc d'optique et son matériel.

activité 1 Comment la lumière se propage-t-elle ?

L'élève a déjà vu en classe de seconde que la lumière se propage en ligne droite, mais peut l'avoir oublié. Au terme de cette activité, l'élève doit avoir retrouvé cette propriété de la lumière et le professeur aura introduit quelques notions nouvelles, celle de vision directe (3.b) et celle de rayon lumineux (1.a).

1.a. Ces droites représentent des rayons lumineux, matérialisation du trajet de la lumière entre l'épingle et l'œil.

b. La lumière se propage en ligne droite entre la source et le récepteur.

2. L'œil doit se placer à l'intérieur d'un cône délimité par deux droites passant par les bords de la fenêtre.

3.a. Ces droites passent par la tête de l'épingle et par les bords de la fenêtre.

b. Un objet peut être vu directement par l'œil s'il est possible de tracer une droite entre l'objet et l'œil sans rencontrer d'obstacle.

activité 2 Qu'est-ce qu'une lentille ?

Quelques manipulations simples permettent d'introduire rapidement les lentilles convergentes et divergentes, la courbure d'une lentille, la distance focale et la vergence.

La manipulation 1 de l'activité 2 peut être réalisée par le professeur devant tous les élèves. Il leur restera à tracer la marche d'un faisceau lumineux à travers une lentille.

1.a. Converger : se diriger vers un point commun.

b. Ici, ce sont les rayons lumineux qui arrivent parallèlement à l'axe optique qui convergent vers le point F' après avoir émergé de la lentille.

2. Ces mêmes rayons s'éloignent de plus en plus les uns des autres après la traversée d'une lentille divergente : ils divergent.

3.a. Le bord des lentilles convergentes est plus mince que leur centre.

b. Le bord des lentilles divergentes est plus épais que leur centre.

4.a. L'image du texte observé à travers une lentille convergente semble se trouver derrière la lentille (du même côté que l'objet), de même sens que l'objet et agrandie.

b. Avec une lentille divergente, l'image semble droite et du même côté que l'objet, mais réduite.

activité 3 Comment mesurer le pouvoir convergent d'une lentille ?

Dans la manipulation 3, deux méthodes simples permettent de déterminer, sans calcul ni miroir, la distance focale d'une lentille convergente. La méthode d'autofocalisation est trop

complexe pour des élèves de 1^{re} L. Cependant, le professeur peut l'évoquer rapidement.

1. On suppose ces rayons peu inclinés par rapport à l'axe optique de la lentille.
2. $C = 1/f'$.
3. Cette distance représente la distance focale f' de la lentille.
4. Cette valeur est bien en accord : $f' = 13\text{cm}$ dans le premier cas ; $f' = 14\text{ cm}$ dans le second cas.

activité 4 Où se forme l'image d'un objet ?

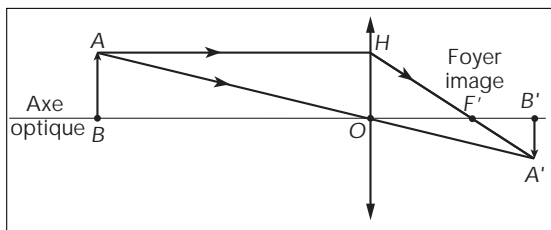
On a choisi une lentille de vergence + 3 \varnothing la plus courante dans les lots vendus aux lycées.

Pour les trois premières positions, les élèves doivent observer une image nette sur l'écran. Ils doivent en déduire que plus l'objet est proche de la lentille, plus l'écran doit être loin de la lentille afin d'obtenir une image nette. À la limite où l'objet est à la distance focale de la lentille, l'écran doit être très éloigné. Lorsque l'objet se trouve à une distance plus faible que la distance focale de la lentille, on ne peut plus avoir d'image nette sur l'écran. On peut cependant faire remarquer qu'en regardant directement à travers la lentille, on observe l'objet droit et agrandi : il s'agit en fait de son image, dite virtuelle (hors programme).

Enfin, la manipulation 3 permet à l'élève de tracer la marche de deux rayons lumineux avant et après la lentille et de déduire que ces deux rayons se coupent au point image correspondant au point objet duquel ils sont partis. Avec la position $OB = 60\text{ cm}$, les élèves doivent trouver la position de l'image $OB' = 20\text{ cm}$). Cette valeur doit être obtenue à plus ou moins 1 cm pour que la construction des rayons soit correcte.

1. $f' = 1/c$; $f' = 33\text{ cm}$.
2. a. & b. Oui : plus la distance OB est petite (objet proche de la lentille) et plus la distance OB' augmente (image éloignée de la lentille).
3. a. & b. Oui, plus la distance OB est petite (objet proche de la lentille) et plus la taille $A'B'$ de l'image augmente.
4. Non : pas d'image nette sur l'écran.
5. a. & b. On observe une image nette sur l'écran si :
 $OB > f' = 33\text{ cm}$.

6. a. & b.



7. a. Les points A, O et A' sont alignés.

b. Tout rayon passant par le centre optique d'une lentille (point O) n'est pas dévié.

8. a. & b. Cf schéma.

c. Par le foyer image F' de la lentille.

9. Pour construire l'image $A'B'$ d'un objet AB , il faut :

– tracer le rayon issu de A et passant par le centre O de la lentille sans être dévié ;

– tracer le rayon issu de A et arrivant parallèlement à l'axe optique sur la lentille : ce rayon émerge en passant par le foyer F' de la lentille.

Le point A' se trouve à l'intersection de ces deux rayons. Le point B' est situé sur l'axe optique, à la verticale du point A'.

L'essentiel après les activités

L'essentiel n'est qu'un rapide rappel de ce que les élèves ont étudié lors des activités. Il reprend l'ordre exact dans lequel les activités ont été traitées avec de nombreux renvois aux activités.

S'informer

De la chambre noire à l'appareil photographique

La première partie doit amener l'élève à construire quelques rayons lumineux et surtout à comprendre pourquoi l'image d'un objet est souvent renversée. Par ailleurs, il peut être intéressant de faire réaliser une chambre obscure par les élèves (cf. site de l'INRP). Le principe de formation d'une image était donc bien connu depuis fort longtemps par nos ancêtres et la caméra *obscura* n'était pas si éloignée que ça des premiers appareils photographiques.

Dans le chapitre 2, le principe de fonctionnement de l'appareil photographique pourra être rapproché de celui du fonctionnement de l'œil humain.

1. L'ouverture doit être la plus petite possible afin qu'un seul rayon issu d'un point objet ne puisse traverser l'ouverture, ce qui donne un unique point image sur le mur.
2. L'image est renversée, car chaque point objet se situant au-dessus de l'axe perpendiculaire au mur et passant par le trou a son image en dessous de cet axe.
3. L'image d'un objet situé à l'infini se forme dans le plan focal image, soit à une distance égale à la distance focale de la lentille.
4. Lorsque la distance de l'objet photographié augmente, la distance objectif-pellicule diminue.
5. Léonard de Vinci, Vermeer.

BIBLIOGRAPHIE ET SITES INTERNET

- <http://www.ac-bordeaux.fr/Pedagogie/Physique/photo1.htm>
- <http://www.inrp.fr/Tecne/>
- <http://www.ac-nantes.fr/peda/disc/scphy/html/logiciel.htm>
- http://www.perret-optic.ch/Instruments/Microscopie/Loupe/inst_loupe_f.htm

- <http://www.niepce.com/pages/inv1.html>
- http://www.inrp.fr/lamap/scientifique/optique/savoir/appareil_photo.htm
- <http://www.ceramuseum.ch/museum-f.htm>

ÉVALUATION RAPIDE

2 à **8** Voir manuel de l'élève page 186.

ENTRAÎNEMENT

9 Tracé de rayons

Un rayon qui émerge par F' est arrivé parallèle à l'axe. Un rayon qui passe par O n'est pas divisé. Un rayon qui passe par le foyer objet ressort parallèle à l'axe par retour inverse de la lumière.

10 Une utilisation de la loupe

1. Les rayons viennent de « l'infini ». Ils arrivent donc parallèlement entre eux sur la lentille.
2. Voir schéma manuel de l'élève, exercice 12 (p. 21).
3. Il faut placer la pipe au foyer image de la loupe, c'est-à-dire à 20 cm de la lentille.

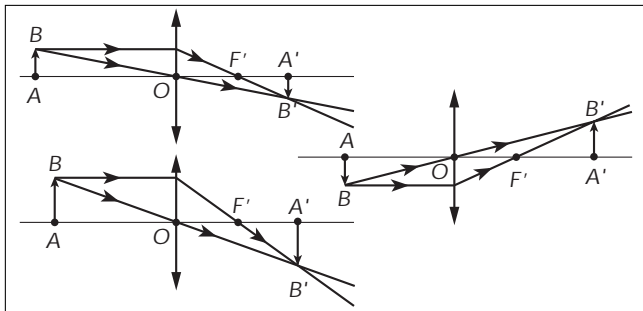
11 La Madeleine au miroir

1. La flamme de la bougie est une source primaire. Tous les autres objets visibles sont des sources secondaires.
2. Voir figure ci-contre.

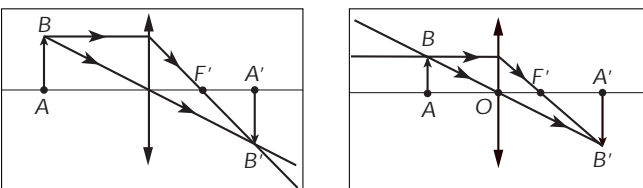


12 Voir manuel de l'élève page 186.

13 Trouver l'image

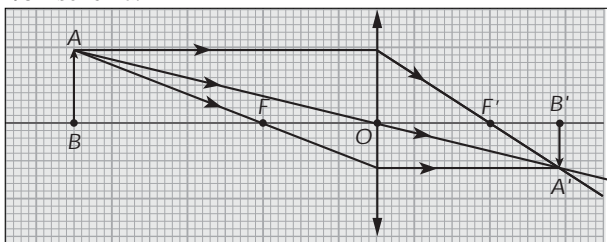


14 Trouver l'élément manquant



15 Construction d'une image

1. Voir schéma.

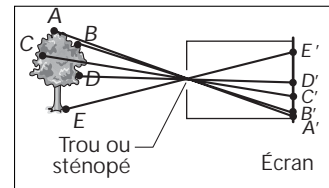


2. L'image obtenue a une taille de 0,8 cm, alors que l'objet faisait 1,4 cm. L'image est donc réduite et renversée.

16 Voir manuel de l'élève page 186.

17 La caméra obscura

1.

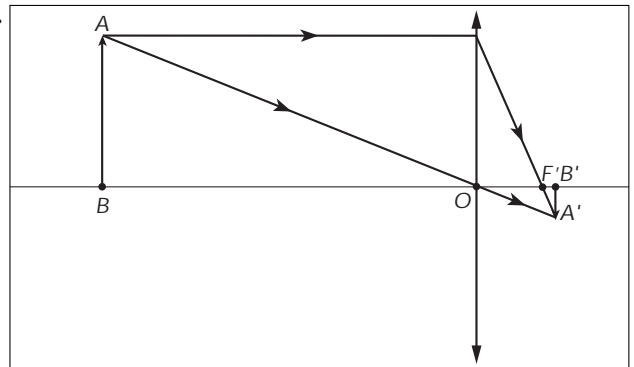


2. L'image obtenue est une image nette, peu lumineuse, renversée et réduite. De plus, elle est à deux dimensions, car tous les points images sont dans un même plan.
3. Le trou doit être petit.

EXERCICES TYPE BAC

18 Image et distance focale

1.



3. La droite (AA') représente le rayon issu de A et passant par le centre O de la lentille sans être dévié. Le point O est à l'intersection de l'axe optique avec ce rayon.
4. Voir schéma.
5. Ce rayon passe par le foyer image F' de la lentille. Sur le schéma, $OF' = 1,35$ cm, soit 13,5 cm en réalité.

19 Réglage d'un appareil photo

1. La distance Arc de Triomphe – objectif (2 500 m) est très grande devant les dimensions de l'appareil photo (15 cm).
2. L'image d'un objet à l'infini se forme dans le plan focal image de la lentille (pellicule), donc à 15 cm de la lentille.

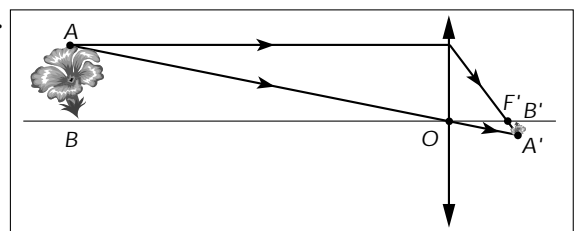
$$3. \left(\frac{\text{Taille image}}{\text{Taille objet}} = \frac{\text{Distance objectif - pellicule}}{\text{Distance objet - objectif}} \right).$$

$$\frac{\text{Taille image}}{50} = \frac{0,15}{2\,500} \cong \text{Taille image} = 3\text{mm}.$$

4. L'image tiendra effectivement sur la pellicule.

20 À la campagne

1. et 2.



3. Sur le schéma, la lentille se trouve à 9 mm de O, donc en réalité, en tenant compte de l'échelle, elle se trouve à 18 cm de O. Il faut donc placer la pellicule à 18 cm de O.

2 L'œil et ses défauts

Le programme

D'après le B.O. hors série n° 7 du 30 août 2000		D'après le B.O. n° 19 du 9 mai 2002
Notions et contenus	Activités envisageables	Notions et contenus
<p>Œil réduit, défauts et corrections Éléments optiques constituant l'œil ; formation de l'image sur la rétine et nécessité de l'accommodation. <i>Punctum proximum et punctum remotum.</i> Défauts de l'œil. Principe de correction de ces défauts par association de lentilles minces ou par modification de la courbure de la cornée. <i>Limites :</i> <i>myopie, hypermétropie et presbytie sont les seuls défauts envisagés.</i></p>	<p>TP3 : – Construction d'un œil réduit avec une lentille convergente et une distance fixe par rapport à un écran. – Modélisation de l'accommodation du cristallin. – Détermination approchée du pouvoir séparateur de l'œil. – Détermination des distances maximale et minimale de vision nette. – Anomalies de la vision (étude documentaire). – Construction d'un œil réduit myope, hypermétrope. – Détermination expérimentale de la longueur de l'œil réduit et corrections optiques. – <i>Localisation des images formées, avant et après correction.</i></p>	<p>– Savoir que l'œil est un système optique CV, à distance focale variable. – Savoir qu'un œil myope est trop CV, qu'un œil hypermétrope ne l'est pas assez et qu'un œil presbyte ne peut pas accommoder. – Savoir que ces défauts peuvent être corrigés par l'utilisation de lentilles ou par modification de la courbure de la cornée.</p>

On s'attache dans ce chapitre à faire comprendre aux élèves quelques principes de fonctionnement de l'« œil physique ». Le chapitre débute par une modélisation simple de l'œil : une lentille et un écran. À partir de cet œil réduit, il est alors possible d'aborder les notions d'accommodation, de vision à l'infini, puis d'œil myope et d'œil hypermétrope, deux défauts de la vision qui affectent une grande partie de la population. Il est prévu dans le BO pour ce chapitre un seul TP devant englober l'œil réduit, le mécanisme de l'accommodation et les défauts de l'œil. Pour cette raison, on n'a pas traité le pouvoir séparateur de l'œil, mais le professeur qui le désire pourra se reporter à l'annexe présentée dans ce texte.

Activités de découverte

• **Matériel :** banc d'optique ; jeu de lentilles convergentes + 2 \wp + 3 \wp + 5 \wp + 8 \wp + 10 \wp ; jeu de lentilles divergentes - 2 \wp - 3 \wp - 5 \wp ; lanterne porte-objet ; écran.

activité 1 Construire un modèle optique de l'œil normal

Il est conseillé d'exposer le modèle de l'œil optique aux élèves à partir d'une maquette un peu élaborée (maquette de l'œil chez Pierron, par exemple). On insistera (même si cela n'est pas tout à fait exact, la cornée ayant en réalité une vergence fixe et le cristallin une vergence supplémentaire et modifiable) sur le fait que c'est le cristallin qui dévie les rayons lumineux, et donc joue le rôle d'une lentille mince convergente, et que les images se forment sur la rétine qui joue le rôle de l'écran. Après cette présentation, les élèves seront invités à construire leur propre modèle optique à partir du matériel dont ils disposent. Insister également pour que la distance lentille-écran, une fois réglée, ne soit plus modifiée, car cela reviendrait à modifier la taille de l'œil, ce qui ne correspondrait pas à la réalité.

1. Le cristallin fait converger le faisceau de lumière parallèle sur la rétine.

2. Les images se forment sur la rétine.

3. La distance OF' représente la distance focale de la lentille convergente.

activité 2 Où se forme l'image d'un objet situé à l'infini ?

Même s'il n'est pas aisé de comprendre pourquoi une source lumineuse et une lentille correctement placée permettent de simuler une image à l'infini, il n'est pas nécessaire d'insister sur ce point. On peut toutefois rappeler que lorsque la source lumineuse est au foyer objet de la lentille, les rayons émergent de la lentille parallèlement entre eux, tout comme les rayons provenant d'un objet très éloigné le feraient en arrivant sur l'œil.

1. L'objet lumineux se trouve à une distance de la lentille égale à la distance focale de la lentille, soit 125 cm.

2.a. L'image est renversée.

b. Non, la taille de l'image ne varie pas sensiblement avec la position de l'œil réduit.

activité 3 Comment l'œil s'adapte pour voir un objet proche ?

Pour illustrer le principe de l'accommodation, on peut utiliser une lentille souple (matériel Pierron) de courbure modifiable : lorsque l'on rapproche l'objet lumineux de la lentille, il faut augmenter sa courbure et donc sa vergence. C'est exactement ce qui se passe pour le cristallin dans l'œil.

1. La première possibilité reviendrait à augmenter la distance rétine-cristallin (donc à agrandir l'œil, ce qui n'est pas possible).

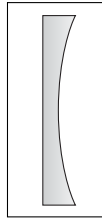
2. Pour obtenir une image nette d'un objet situé à 33 cm de l'œil, il faut une lentille de vergence + 8 \wp . Si l'objet se trouve à 20 cm, il faut une lentille de + 10 \wp . Si l'objet est à l'infini, une lentille de + 5 \wp est nécessaire.

3. Lorsque l'œil accommode c'est la courbure du cristallin qui se modifie : celui-ci devient plus convergent si l'objet est plus proche ; sa courbure augmente alors.

activité 4 Comment corrige-t-on les défauts de l'œil myope ?

L'œil myope étant caractérisé par une mauvaise vision des objets éloignés, on se place ici dans le cas de l'observation d'un objet à l'infini. On agrandit un peu l'œil myope (il est trop long) et on utilise la même accommodation que pour l'œil normal (lentille de vergence + 5 δ). Le cristallin est alors trop convergent pour la taille de l'œil (l'image se forme à 20 cm de la lentille, en avant de l'écran).

Par essais successifs, les élèves doivent trouver qu'en accolant une lentille divergente de vergence - 2 δ l'image formée sur l'écran est alors nette. Faire confirmer ce résultat en regardant les lunettes des élèves myopes : celles-ci doivent avoir la forme caractéristique des lentilles divergentes ci-contre.



1. Non : l'image de l'objet à l'infini n'est pas nette sur l'écran.
2. L'image se forme en avant de la rétine (à 20 cm de la lentille exactement, soit 13 cm avant l'écran).
3. Des lentilles divergentes corrigent la myopie.
4. Il faut une lentille de vergence - 2 δ : celle-ci rend l'œil moins convergent.

activité 5 Comment corrige-t-on les défauts de l'œil hypermétrope ?

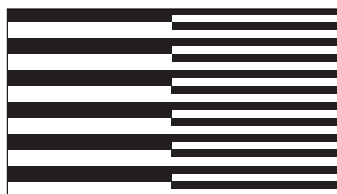
Pour l'œil divergent, il faut se replacer dans les conditions de la vision de près : objet à 33 cm, lentille-cristallin correspondant à cette accommodation (soit + 8 δ) et œil plus petit que l'œil normal, soit 12,5 cm. Le cristallin n'est alors pas assez convergent, l'image se forme derrière l'écran : il faut ajouter une lentille convergente + 3 δ pour obtenir une image nette.

1. Des lentilles convergentes corrigent l'hypermétropie (dans ce cas, une lentille de vergence + 3 δ).
2. Sans lentille de correction, l'image se forme derrière l'écran (à environ 7,5 cm derrière celui-ci).

activité Pouvoir séparateur de l'œil supplémentaire

L'œil ne peut distinguer des détails s'il se trouve trop loin ou si les détails sont trop petits.

- Poser le livre verticalement contre un mur et s'éloigner progressivement en fermant un œil.
- Lorsque l'œil n'est plus capable de distinguer deux lignes noires successives, noter la distance D qui vous sépare du livre.

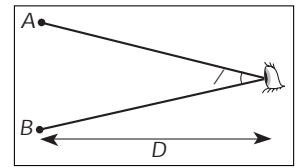


1. Mesurer la distance AB qui sépare le centre de deux lignes noires.

2. On appelle pouvoir séparateur l'angle α défini par :

$$\alpha = \frac{AB}{D},$$

les longueurs AB et D s'expriment en mètre et l'angle α en radian. Calculer α . Comparer à la valeur théorique : $\alpha = 3 \times 10^{-4}$ rad.



Corrigé ...

1. AB = 0,5 cm.
2. On trouve D = 15 m environ, soit $\alpha = 3,3 \times 10^{-4}$ rad. Ceci correspond bien à la valeur théorique (cette valeur fluctue légèrement d'un œil à l'autre).

L'essentiel après les activités

L'essentiel reprend ce qui a été étudié lors des activités. Il n'est pas nécessaire de refaire un cours aux élèves en classe : une séance de TP bien encadrée doit suffire pour que l'élève comprenne l'essentiel du chapitre. L'essentiel est là pour réordonner les idées et servir de support à la révision de l'élève.

S'informer

La chirurgie de l'œil

Le document comporte deux parties : dans la première, on expose le principe de la chirurgie de l'œil (modifier la trajectoire des rayons lumineux en agissant sur la cornée ou le cristallin). Dans la seconde partie, deux techniques sont exposées : la technique au laser Excimer et celle des implants intraoculaires. Pour plus de renseignements, se reporter aux sites ci-dessous.

1. L'œil est trop long : l'ensemble cornée-cristallin est trop convergent.
2. La puissance dioptrique est équivalente au pouvoir convergent de l'œil.
3. La correction d'une myopie de - 4 δ nécessite l'utilisation d'une lentille divergente de vergence - 4 δ .
4. Sa vergence vaut de 63 δ .
5. Sa distance focale f' vaut 15,9 mm.
6. Non : la chirurgie au laser n'agit que sur le pouvoir convergent de l'œil, et non sur son pouvoir séparateur.
7. *Chirurgie au laser* : méthode sûre, efficace, rapide et avec peu de dangers (complications post-opératoires). Cependant, elle ne permet de corriger que des myopies et des hypermétropies moyennes ou faibles.
8. *Implants intra-oculaires* : intervention chirurgicale lourde, avec possibles complications. Cette intervention souvent irréversible permet cependant la correction de défauts plus importants que la chirurgie au laser.
8. Elle perd avec le cristallin son pouvoir d'accommodation : elle doit alors porter des verres progressifs.

BIBLIOGRAPHIE ET SITES INTERNET

- <http://www.opticien-lentilles.com/ametropies/hypermétropie.html>
- <http://www.myopie.com/>
- <http://www.aulag.de/index.html>

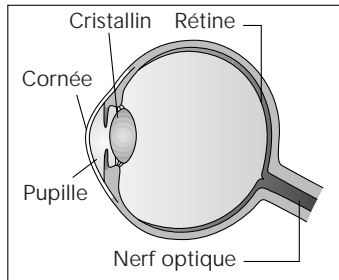
- <http://www.vision1to1.com/>
- <http://www.snof.org/chirurgie/chirurgie.html>

ÉVALUATION RAPIDE

2 à **5** Voir manuel de l'élève page 186.

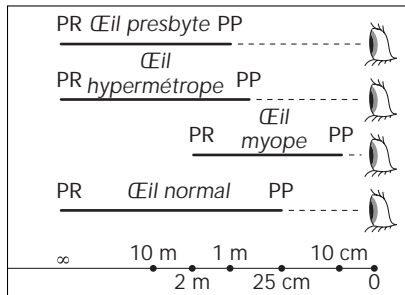
ENTRAÎNEMENT

6 Œil réduit et œil réel



7 Voir manuel de l'élève page 186.

8 Un œil, des yeux



9 La rétine

1. La rétine comporte des cônes, sensibles à la lumière et aux couleurs (vision diurne), et des bâtonnets (vision nocturne).
2. La personne voit de moins en moins net et ne supporte plus la lumière du jour : peu à peu, elle devient aveugle. Seule la vision nocturne est peu affectée.
3. Les bâtonnets sont responsables de la vision nocturne. Pour cette raison, les yeux des chiens, riches en bâtonnets, ont une vision nocturne supérieure à celle des hommes.

10 Verres progressifs

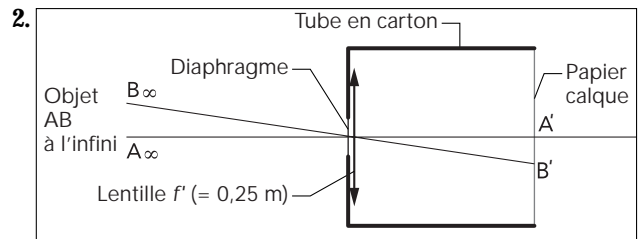
1. On utilise des lentilles convergentes pour corriger la presbytie.
2. La myopie nécessite des lentilles divergentes. S'il regarde au loin avec des lentilles convergentes, il verra encore plus flou.
3. C'est la zone de près qui est affectée par la presbytie et la zone de loin par la myopie. La zone intermédiaire peut être affectée par la myopie ou par la presbytie.
4. La zone de loin de la lunette est une vergence négative, celle de près a une vergence positive. La zone intermédiaire est légèrement positive ou négative (proche d'une vergence nulle).

11 Voir manuel de l'élève page 186.

EXERCICES TYPE BAC

12 L'œil réduit

1. Diaphragme = iris ; lentille = ensemble cornée-cristallin ; tube en carton = sclérotique ; papier calque = rétine.



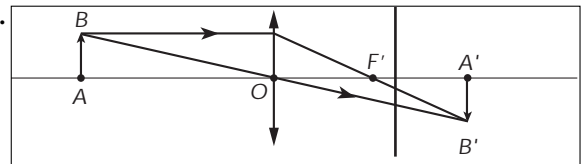
3. La lentille représentée sur le schéma est une lentille convergente. Sa distance focale f' vaut 25 cm. Sa vergence vaut :

$$c = \frac{1}{f'} ; c = \frac{1}{0,25} = 4 \text{ } \wp$$

4. Dans cette modélisation, la distance lentille-écran représente la profondeur de l'œil (distance cristallin-rétine).

13 Modélisation de l'œil hypermétrope

1. & 2.

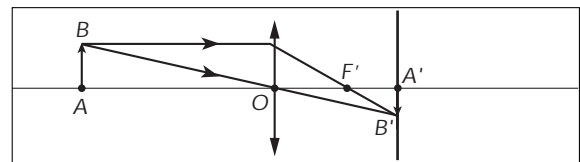


L'image A'B' se trouve à 33 cm derrière la lentille.

3. L'image observée sur l'écran est floue car celui-ci se trouve à 13 cm devant l'image de AB.

4. La vergence totale de la lentille est égale à $C = 2 + 8 = 10 \text{ } \wp$ ce qui correspond à une distance focale de 10 cm.

5. L'image A'B' se forme sur l'écran.



6. On a corrigé la presbytie de l'œil : en le rendant convergent, on lui permet d'accommoder sur des objets proches.

14 L'ophtalmologiste

1. L'œil presbyte n'est pas assez convergent.
2. L'ophtalmologue proposera donc une lentille convergente pour corriger la presbytie.
3. On lira donc « nécessité d'un verre correcteur de vergence + 3 dioptries ».
4. $f' = \frac{1}{c} ; f' = \frac{1}{3} = 0,33 \text{ m}$.
5. Grâce à cette correction, l'image A'B' de AB se trouve sur l'écran (rétine).

3 Lumières colorées. Couleurs des objets

Le programme

D'après le B.O. hors série n° 7 du 30 août 2000		D'après le B.O. n° 19 du 9 mai 2002
Notions et contenus	Activités envisageables	Notions et contenus
Lumières colorées. Couleurs des objets Physique - chimie. Lumières colorées. Couleurs des objets Déviation des rayons optiques par un prisme. Domaine spectral de la lumière blanche, IR et UV. Radiations monochromatiques. Synthèse soustractive. Couleur des objets. Couleurs complémentaires.	TP4 : – Décomposition de la lumière blanche. Arc-en-ciel. – Décomposition de la lumière émise par un filament incandescent à l'aide d'un prisme ou d'un réseau. – Recomposition de la lumière blanche avec une lentille convergente ou deux prismes. Disque de Newton. – Filtres colorés, synthèse soustractive. Spectre d'absorption. Rôle de la lumière incidente sur la couleur des objets. – Prolongements possibles : Synthèse additive des couleurs primaires ; activité documentaire sur le pointillisme, principe de trichromie pour TV couleur.	– Savoir que la lumière blanche est constituée d'une infinité de radiations monochromatiques. – Connaître le spectre en longueur d'onde de la lumière blanche. – Savoir que la couleur d'un objet dépend de la lumière qu'il reçoit. – Savoir que la couleur d'un objet éclairé est complémentaire de celle qu'il absorbe.

On étudie dans ce chapitre la couleur des objets et des lumières, en fait les situations ou les conditions physiques de perception de couleurs par le cerveau.

On rappelle que la lumière blanche d'une lampe à incandescence est composée de lumières colorées. La superposition de lumières colorées peut donc conduire à de la lumière blanche. On explique ensuite la formation de lumières colorées à partir de trois couleurs de lumière de base : le rouge, le vert et le bleu. C'est la synthèse additive des couleurs.

On détaille également la synthèse soustractive de couleur grâce à des absorbeurs de lumières, les filtres ou les peintures.

Activités de découverte

• Matériel :

Les élèves auront à leur disposition :

– source lumineuse émettant un faisceau lumineux fin et parallèle (boîte à lumière des dispositifs d'étude de la réfraction) ;
prisme en verre assez dispersif (*flint*) ; écran de petites dimensions ; jeu de filtres (cf. Activité 3) ; ordinateur et logiciel permettant de réaliser la synthèse des couleurs.

Le professeur dispose de :

– matériel d'optique classique pour réaliser un spectre sur un écran (source lumineuse munie d'un condenseur, fente réglable, lentille de 3 à 5, prisme et éventuellement réseaux) ;
écran au sulfure de zinc pour visualiser les UV ; photodiode et matériel pour l'alimenter et mesurer l'intensité du courant.

activité 1 Effet d'un prisme sur la lumière blanche

Pour obtenir un bon spectre, il faut former l'image d'une fente fine à l'aide d'une lentille. On intercale ensuite le prisme juste derrière la lentille. Puis on déplace l'écran jusqu'à observer le spectre, en veillant à ce que la distance écran-lentille soit à peu près conservée. On recherche ensuite le minimum de déviation. Pour s'assurer que la nouvelle position de l'écran est adéquate, on décale légèrement le prisme pour voir apparaître une image de la fente par réflexion sur l'une des faces du prisme, au milieu de la zone dans laquelle on observera le spectre. On règle enfin la position de l'écran de telle sorte que cette image soit nette, puis on replace le prisme pour observer le spectre.

Remarque : les porteurs de lunettes à verres photosensibles sont, pour une fois, favorisés. Ces verres présentent en effet une raie d'absorption fine dans le vert. À travers ce genre de verre, on effectue une mise au point directe en regardant le spectre : celui-ci est net lorsque l'on voit la raie d'absorption.

Le montage proposé dans cette activité est simplifié : il ne donne pas un vrai spectre, mais le résultat est acceptable et surtout très facile à mettre en œuvre. La méthode décrite utilise la boîte à lumière destinée à l'étude de la réfraction (présente dans la quasi-totalité des lycées). Elle donne des résultats convenables.

1. On observe un spectre continu.

2. Non : la lumière du laser est monochromatique.

activité 2 Lumières invisibles

MANIPULATION 1

À droite du violet, on observe l'apparition d'une lumière bleutée, due à la présence d'azurants optiques dans le papier. Un bon écran ne doit pas en contenir. En remplaçant la feuille de papier par un écran au sulfure de zinc (disponible, par exemple, sur les anciens appareils destinés à l'étude des rayons X), on observe une luminescence verte à l'endroit où apparaissait précédemment la lumière bleutée. On met ainsi en évidence le rayonnement ultraviolet, responsable du bronzage de la peau. On peut également rappeler l'utilisation de ce rayonnement UV pour révéler certains chromatogrammes.

MANIPULATION 2

La photodiode (BPW34, par exemple) est traversée par un courant dû à la présence de rayonnement infrarouge dans cette zone de l'écran. En masquant la source dont on étudie le spectre, on constate que ce courant diminue : il est bien dû à un rayonnement invisible émis par la source. L'infrarouge piégé par l'atmosphère est responsable de l'effet de serre.

1. Le papier et le sulfure de zinc deviennent lumineux sous l'action d'un rayonnement invisible.

2.a. Le rayonnement ultraviolet.

b. Ce rayonnement est responsable du « bronzage ».

3. Le capteur reçoit un rayonnement invisible.

4. Le rayonnement infrarouge.

5. L'effet de serre.

activité 3 Synthèse soustractive des couleurs

Si le lycée ne dispose pas de l'ensemble des filtres décrits dans la manipulation, il est facile de les réaliser en les dessinant à l'aide d'un traitement de texte ou d'un logiciel de dessin, puis en imprimant le résultat sur un transparent avec une imprimante à jet d'encre (ou, mieux, avec une imprimante laser couleur). On obtient ainsi, à peu de frais, un jeu de filtres à distribuer aux élèves, qui pourront s'en servir pour vérifier la solution d'un exercice ou pour apprendre le cours.

La synthèse soustractive est très simple à réaliser, puisqu'il suffit de regarder une source de lumière blanche à travers plusieurs filtres superposés. La synthèse additive est plus compliquée à mettre en œuvre : en plus des filtres, il faut disposer de trois sources lumineuses différentes.

MANIPULATION 1

Il serait intéressant de poursuivre en demandant aux élèves, qui ont toujours devant eux la manipulation 1 de la première activité, d'interposer chaque filtre devant la boîte à lumière. Ils vérifieront ainsi que chaque filtre, rouge, vert ou bleu, ne laisse pas passer une seule couleur et que les couleurs primaires sont une superposition de plusieurs couleurs, qu'ils peuvent identifier.

MANIPULATION 3

L'utilisation d'un logiciel permet de simuler la variation de la densité d'un filtre, c'est-à-dire de la proportion de lumière qu'il est capable d'absorber. Syntcoul® était disponible auprès de l'Union des Physiciens pour le prix de la disquette. Il existe dans le commerce et sur le web de nombreux logiciels disponibles (Colorlab® notamment).

La synthèse soustractive des couleurs à partir des couleurs primaires (jaune, magenta et cyan) est celle utilisée par les peintres ; c'est aussi celle employée en photographie.

1. La couleur de l'écran est celle du filtre.
2. *Cyan et magenta* : bleu. *Cyan et jaune* : vert.
Magenta et jaune : rouge.
3. L'écran est noir.
4. Un filtre élimine certaines couleurs de la lumière blanche. Deux filtres superposés éliminent l'ensemble des couleurs absorbées par chacun d'eux.
5. La peinture et la photographie (non numérique).

activité 4 Synthèse additive d'une couleur

La synthèse additive d'une couleur ne figure que dans les prolongements possibles du programme. Il est toutefois difficile d'ignorer ce moyen de reproduire les couleurs : les écrans que nous utilisons quotidiennement y recourent en effet. Le document d'accompagnement fait d'ailleurs une assez large place à ce mode de reproduction des couleurs.

MANIPULATION 1

Cette manipulation nécessite de disposer soit de trois projecteurs de diapositives, soit d'un dispositif permettant de superposer trois faisceaux colorés (tel celui vendu par Pierron, par exemple). Ces dispositifs sont toutefois moins souples que les simulations réalisées à l'aide d'un logiciel. Il est possible de changer l'intensité des faisceaux émis par les

projecteurs de diapositives en les alimentant par des alternateurs, mais on modifie alors la répartition spectrale de la lampe et le résultat n'est pas toujours très concluant.

MANIPULATION 2

Trichrome® permet de créer très simplement trois zones colorées, rouge, verte et bleue, puis de les superposer partiellement. Il est ainsi possible de reproduire pratiquement toutes les couleurs de la nature. Il faut être prudent en interprétant les valeurs numériques associées aux couleurs.

Lorsque les trois valeurs sont réglées à leur maximum (100 %), on obtient le blanc par superposition des trois zones. Ceci ne signifie pas que les énergies lumineuses diffusées par chaque zone colorée soient égales. En terme d'énergie, le blanc s'obtient avec 11 % de bleu, 59 % de vert et 30 % de rouge.

1. *Rouge + verte* : jaune. *Rouge + bleue* : magenta.
Vert + bleue : cyan. *Rouge + verte + bleue* : blanc.
2. La proportion des garçons plus ou moins daltoniens n'est pas négligeable et on devrait statistiquement en trouver un dans chaque classe de 30 élèves. Il y a fort à parier qu'il ne trouvera pas le même résultat que ses camarades en cherchant à reproduire la couleur proposée dans le manuel.
3. Ce mode de reproduction des couleurs est celui des tubes de téléviseurs et des moniteurs vidéo (quelle que soit leur technologie) C'est aussi le principe du pointillisme, même si dans ce cas, les couleurs utilisées ne se limitent pas toujours aux couleurs primaires.

L'essentiel après les activités

Il faut retenir que la lumière blanche est constituée d'une infinité de lumières monochromatiques que l'œil ne perçoit pas comme une infinité de couleurs différentes.

Les deux modes de production des couleurs permettent de produire toutes les couleurs observées dans la nature : cette palette de couleurs est beaucoup plus riche que le spectre de la lumière blanche. Ces modes de production utilisent un petit nombre de couleurs, comparable au nombre des types de cellules sensibles à la couleur qui tapissent la rétine.

Même si l'ouvrage ne l'a pas mentionné, il est possible de montrer l'effet d'un réseau sur un faisceau lumineux, ne serait-ce que pour expliquer l'aspect d'un cédérom éclairé en lumière blanche.

S'informer

De la télévision au pointillisme

1. La mire inférieure donne les réponses aux superpositions de couleurs. Par exemple, pour la première bande : vert + bleu + rouge donne blanc...
2. a. Bandes n° 4, 6 et 7 : couleurs fondamentales (une seule couleur de pixels).
b. Bandes n° 2, 3 et 5 : couleurs primaires de la synthèse soustractive (2 couleurs de pixels allumés).
3. L'œil doit confondre les pixels voisins pour réaliser la synthèse additive.
4. La synthèse additive ne peut donner du noir lorsqu'elle est utilisée sur un fond blanc.

BIBLIOGRAPHIE ET SITES INTERNET

- <http://perso.club-internet.fr/prulh/coul/college/couleurs/> : synthèse des couleurs et l'écran de télévision.
- <http://users.erols.com/renau/fr/colors.html> : bonne synthèse soustractive des couleurs.
- <http://www.ac-nice.fr/physique/couleurs/index.htm> : étude des deux synthèses des couleurs.
- <http://jf-noblet.chez.tiscali.fr/soustr/question.htm> : bonne étude de la reproduction des couleurs à la télévision (dépassé le niveau du programme).
- <http://www.ac-dijon.fr/> : le logiciel « Vision® » est excellent pour l'étude de la synthèse des couleurs. Il permet de décomposer une image en ses trois composantes : cyan, magenta et jaune, et présente toute une série d'illusions d'optique.

corrigés des exercices

ÉVALUATION RAPIDE

2 à **8** Voir manuel de l'élève page 186.

ENTRAÎNEMENT

9 Couleurs et longueurs d'onde

1 et 3.

U.V.	Violet	Bleu	Vert	Jaune	Rouge	Infrarouge
400 nm						750 nm

2. Chaque couleur occupe une certaine largeur dans le spectre et il n'est pas possible d'attribuer une longueur d'onde précise à chaque couleur.

10 & **11** Voir manuel de l'élève page 186.

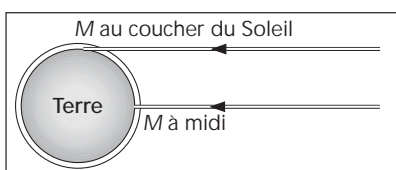
12 Figure colorée

Couleur de la figure (couleur absorbée)	Lumière verte	Lumière rouge	Lumière cyan
Noir (V-R-B)	Noir	Noir	Noir
Rouge (V-B)	Noir	Rouge	Noir
Vert (R-B)	Vert	Noir	Vert
Bleu (V-R)	Noir	Noir	Bleu
Magenta (V)	Noir	Rouge	Bleu
Jaune (B)	Vert	Rouge	Vert
Cyan (R)	Vert	Noir	Cyan
Blanc	Vert	Rouge	Cyan

13 Voir manuel de l'élève page 186.

14 Coucher de Soleil

1.a et b.



c. L'épaisseur d'atmosphère traversée est plus grande au coucher du Soleil qu'à midi et donc que la lumière est absorbée.

2. L'air absorbe faiblement la lumière bleue et la rediffuse dans toutes les directions (le bleu ciel est proche du cyan). La lumière provenant du Soleil jusqu'à l'observateur est donc moins riche en bleu qu'en l'absence d'absorption. Le Soleil apparaît donc de la couleur complémentaire du cyan, c'est-à-dire rouge.

3. Si le ciel diurne était vert, le Soleil couchant serait magenta, couleur complémentaire du vert.

15 Azurant optique

L'azurant optique est excité par le rayonnement UV, qui lui fait émettre une lumière bleutée. Cette lumière ajoutée au jaune très pâle du linge donne de la lumière blanche.

EXERCICES TYPE BAC

16 Couleur ou radiation

1. Une source émettant un fin faisceau parallèle de lumière blanche, un prisme et un écran blanc permettent d'observer la dispersion de la lumière blanche.

2. L'arc-en-ciel est un phénomène naturel permettant d'observer la dispersion de la lumière blanche.

3. Le spectre est continu.

4. Dans un intervalle de longueurs d'onde croissantes.

5. Le mot « champ » doit être remplacé par « spectre ».

6. Rouge et violet.

7. Violet : 400 nm. Rouge : 750 nm. Violet plus dévié que le rouge.

8. Le noir et le blanc sont des couleurs : le blanc correspond à une infinité de radiations, le noir à une quasi-absence de radiations.

9. La synthèse additive permet d'obtenir le blanc.

10. La synthèse soustractive permet d'obtenir le noir.

11. Magenta : vert. – Jaune : bleu. – Cyan : rouge.

12. Rouge – blanc – rouge – noir.

17 Synthèse additive

1. Les longueurs d'onde du spectre visibles vont de 400 nm (violet) à 750 nm environ (rouge). On peut donc associer les couleurs suivantes aux longueurs d'onde :

bleu : 450 nm – vert : 540 nm – rouge : 680 nm.

2. La lumière blanche d'une lampe à incandescence est constituée d'une infinité de radiations monochromatiques.

3.a. La couleur complémentaire du vert est le magenta.

b. Le filtre laisse passer la même couleur que lui et absorbe la couleur complémentaire. Le filtre vert absorbe le magenta.

4 Apparences de la perception visuelle

Le programme

D'après le B.O. hors série n° 7 du 30 août 2000		D'après le B.O. n° 19 du 9 mai 2002
Notions et contenus	Activités envisageables	Notions et contenus
<p>Apparences de la perception visuelle</p> <p>Le cerveau joue un rôle dans l'interprétation de l'information lumineuse reçue. Il est soumis à des illusions géométriques ou liées au temps. Le dioptré et la réflexion sont choisis pour illustrer les illusions géométriques ; les expériences de stroboscopie, les illusions liées à la succession temporelle des images.</p> <p>Dioptré, surface de séparation de deux milieux réfringents. Réflexion. Conditions de transmission de la lumière dans un autre milieu réfringent. Réflexion totale.</p> <p>Principe d'observation d'un mouvement apparent ou d'immobilité apparente : ralenti, projection cinématographique.</p> <p><i>Limites : la relation de Descartes pour la réfraction est hors programme ; toute approche quantitative est à exclure en stroboscopie.</i></p>	<p>TP5 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Déviation d'un pinceau lumineux à la surface de séparation air-eau par une lame à faces planes et parallèles. - Étude qualitative de la réfraction (milieux plus ou moins réfringents). - Observation d'objets immergés dans l'eau, expérience du bâton brisé. - Mesure approchée d'un indice de réfraction. - Propagation de la lumière dans un milieu à indice variable. - Détermination approchée de la durée de persistance des impressions rétinienne. - Observation en éclairage stroboscopique. - Vision stéréoscopique et illusions d'optique. - Dessin animé, construction d'un zootrope. - Disque de Newton. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser la notion de persistance rétinienne pour interpréter un mouvement apparent. - Distinguer les phénomènes de réflexion, de réfraction.

Ce chapitre a pour thème les illusions visuelles. On commence par celles dues à des phénomènes optiques. La réflexion, la réfraction ou les milieux d'indice variable conduisent souvent à des images virtuelles et donc à des illusions pour le cerveau. L'expérimentateur « voit » un objet là où il n'y a qu'une image virtuelle. Des illusions temporelles dues à la persistance rétinienne peuvent aussi se manifester.

Activités de découverte

activité 1 Illusions d'optique dues à la réflexion

L'expérience proposée est celle du document d'accompagnement de 1^{re} S. Elle présente l'avantage de privilégier l'image plutôt que le trajet suivi par la lumière. On peut facilement construire les rayons après avoir trouvé la position de l'image sans qu'il soit nécessaire de les visualiser. Un avantage supplémentaire est de pouvoir travailler en salle claire et sans devoir disposer de sources lumineuses.

Le miroir plan est stigmatique donc toutes les directions de visée conviennent tant que l'on peut négliger l'influence de l'épaisseur de verre placée devant la surface réfléchissante. Si le miroir est assez mince, cette influence est inférieure aux incertitudes de tracé.

L'image se forme sur la rétine de l'œil de l'observateur, comme si la lumière provenait du symétrique de l'épingle par rapport à la surface réfléchissante, d'où l'illusion de la position de l'épingle.

1. L'image est symétrique de l'épingle par rapport au miroir.
2. L'image se forme sur sa rétine comme si l'épingle était dans la position occupée par son image.

activité 2 Illusions d'optique dues à la réfraction

La méthode utilisée pour la réflexion est appliquée à la réfraction. Il faut disposer d'un objet disposé à l'intérieur ou à l'arrière d'un milieu transparent dont l'épaisseur doit être suffisante pour permettre une construction de l'image bien séparée de l'objet. Une cuve à eau à faces parallèles d'une épaisseur de l'ordre d'une quinzaine de centimètres convient bien.

L'objet est un trait tracé au feutre sur la face opposée à celle utilisée comme dioptré plan. Les parois de la cuve (en verre ou en matière plastique) n'induisent pas une grande erreur dans la position de l'image puisque le déplacement est :

$$(n_{\text{verre}} - n_{\text{eau}}) \times 2 \times e,$$

ce qui, compte tenu de l'épaisseur habituelle du verre des cuves, est nettement inférieur aux incertitudes de tracé.

À la différence du miroir, le dioptré plan n'est pas stigmatique.

Il faut donc, pour que la formule $n = \frac{HA}{HA'}$ soit valable, rester dans le domaine d'angles de réfraction ou $\tan r$ ne diffère pas trop de r . Il ne faut donc pas que la direction de visée de l'image s'écarte de plus de 30° par rapport à la normale à la surface dioptrique. L'image se forme sur la rétine comme si la lumière provenait en ligne droite de A' . Chaque point est rapproché de la surface de l'eau dans la même proportion, ce qui permet de construire l'image de la partie immergée du bâton. On ne peut sans doute pas parler d'homothétie en 1^{re} L.

1. L'image est dans l'eau.
2. Non : la lumière subit un changement de direction à la traversée de la surface de l'eau.
3. L'image de la partie immergée de la règle n'est pas dans le prolongement de la partie non immergée.
4. A' , A et H sont alignés.
5. $n = 1,3$ (les résultats devraient être compris entre 1,3 et 1,4).

activité 3 Rayons incidents, réfléchis et réfractés

L'objectif est de visualiser les trajets suivis par la lumière (les rayons lumineux) qui ont été construits dans les activités précédentes. La manipulation 2 permet de montrer le phénomène de réflexion totale, qu'il est difficile d'expliquer autrement.

1. Les angles d'incidence et de réflexion sont égaux.
2. L'angle de réfraction est inférieur à l'angle d'incidence.
3. Lorsque l'angle d'incidence augmente, l'intensité du faisceau réfléchi augmente, alors que celle du faisceau réfracté diminue.
4. L'angle de réfraction est supérieur à l'angle d'incidence.
5. Lorsque l'angle d'incidence est supérieur à 42°, on n'observe plus de faisceau réfracté.
6. La lumière est totalement réfléchie.

activité 4 Illusions dues à un milieu d'indice variable

L'expérience est faite sur le bureau du professeur. Il n'est pas très facile d'obtenir un indice variable de façon régulière. On peut placer une couche de sel ou de sucre au fond d'une cuve avant de la remplir d'eau. Il faut attendre une semaine pour que le sel se dissolve, la concentration diminuant au fur et à mesure que l'on s'élève dans la cuve. Une autre méthode consiste à remplir une cuve d'eau douce puis à introduire, à l'aide d'un entonnoir prolongé par un tube de caoutchouc, de l'eau très salée directement au fond de la cuve.

1. La pièce semble située au-dessus du niveau de la table.
2. Le faisceau est courbé vers le bas.
3. Non : l'eau salée n'est pas homogène.
4. L'image se trouve dans la direction suivant laquelle la lumière pénètre dans l'œil, donc au-dessus du niveau de la table.

activité 5 Illusions temporelles

Il faut rester qualitatif : on peut néanmoins mesurer l'ordre de grandeur de la durée de persistance des impressions rétinienne en utilisant le dispositif décrit dans le livre ou en utilisant une DEL alimentée par une tension en crêteaux dont on fait varier la fréquence. Une fois l'illusion de l'allumage continu atteint, on peut en déplaçant la DEL, vérifier que le clignotement est toujours bien réel : l'image ne se forme plus toujours au même endroit sur la rétine.

L'objectif est de faire comprendre qu'il n'est pas utile d'augmenter la fréquence des images au-delà de 25 images par seconde pour obtenir une projection fluide au cinéma ou à la télévision. On trouve sur internet des disques de phénakistiscope varié pour illustrer l'illusion du mouvement. Ces jouets scientifiques anciens comportent sur leur pourtour une série de dessins représentant, par exemple, un animal en train de courir. Il suffit de coller l'un de ces disques sur une feuille de carton puis

d'entraîner celle-ci à l'aide d'un moteur pour observer cette illusion de mouvement.

1. Vers 10 Hz environ.
2. Observation due à la persistance des impressions rétinienne.
3. Il effectue un nombre entier de tours entre deux éclairs.
4. Non : le secteur semble tourner lentement dans le sens réel. Entre deux éclairs, le disque effectue un peu plus d'un tour. L'œil ne perçoit que la fraction de tour supplémentaire.
5. Le secteur noir semble tourner en sens inverse du sens réel.
6. Entre deux éclairs, le secteur effectue un peu moins d'un tour. L'observateur a l'impression que le secteur a effectué une fraction de tour à l'envers.

L'essentiel après les activités

L'accent a été mis sur les illusions liées à la réflexion, à la réfraction et aux effets stroboscopiques. Les illusions se traduisant par une fausse interprétation des formes géométriques (droites parallèles semblant légèrement courbes...), présentes dans le document d'accompagnement de physique et que le logiciel Vision® montre de façon remarquable, sont plus du domaine des SVT.

S'informer

Les images en relief

1. L'œil droit voit le disque rouge sur fond noir, l'œil droit le disque cyan sur fond noir.
2. L'œil droit voit un disque noir (à droite) sur fond rouge, l'œil droit un disque noir (à gauche) sur fond cyan.
3. Il faut permettre à chacun des deux yeux de ne voir que l'image qu'il verrait en regardant la scène réelle.
4. L'œil gauche voit une image noire sur fond rouge, le droit une image noire sur fond cyan ; les images noires sont différentes.
5. L'image en relief apparaît donc noire sur fond blanc.

BIBLIOGRAPHIE ET SITES INTERNET

- <http://www.ac-nantes.fr/peda/disc/scphy/index1.htm> : pour charger le logiciel « De Visu® », qui permet l'étude de la réflexion et de la réfraction.
- <http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/meca/strobo.html> : étude de la stroboscopie.
- <http://etab.ac-orleans-tours.fr/ec-cormeray/cinematographe/phenakistiscope.htm> et <http://www.ac-nancy-metz.fr/IA54/NcyFerry/PHENAKI.htm> : phénakistiscope et dispositifs permettant de produire des images animées.

corrigés des exercices

ÉVALUATION RAPIDE

- 2** à **6** Voir manuel de l'élève page 186.

ENTRAÎNEMENT

7 Image d'un crayon

Le crayon doit faire 45° avec la perpendiculaire à la surface du miroir.

8 Droite ou gauche ?

L'image d'une main droite dans un miroir plan est symétrique de la main droite par rapport au plan du miroir. De la même façon, en plaçant vos deux mains vis-à-vis, on constate qu'elles sont symétriques par rapport à un plan. L'image d'une main droite est donc une main gauche.

9 Comparaison de deux images

L'image observée dans un miroir est symétrique du visage par rapport au plan du miroir. Un détail du visage situé à droite apparaît situé à gauche de l'image du visage dans le miroir.

10 Voir manuel de l'élève page 186.

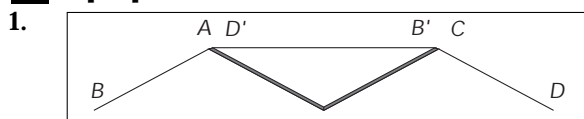
11 Réflexion sur une vitre

b. Lorsque les volets sont ouverts, la lumière provenant de l'extérieur est beaucoup plus intense que la lumière réfléchiée par la vitre et masque par conséquent celle-ci.

12 Double vitrage

Lorsque l'on regarde le reflet d'un objet dans un double vitrage, on observe deux images provenant des réflexions sur chacune des deux vitres.

13 À propos d'une œuvre de Salvador Dali



L'image de AB est AB' , B' étant confondu avec C , l'image de CD est CD' , D' étant confondu avec A .

2. Les images AB' et CD' se superposent dans le même plan.
3. Voir figure.



14 Les pieds dans l'eau

L'image A' d'un pied A est rapprochée de la surface de l'eau de telle sorte qu'en appelant H le point situé à la surface de l'eau sur la verticale de A , on ait :

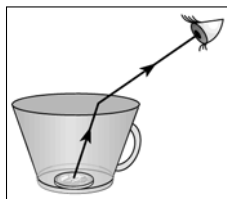
$$\frac{HA}{HA'} = 1,3.$$

La partie immergée de la jambe paraît donc plus courte qu'elle n'est en réalité.

15 Voir manuel de l'élève page 186.

16 Rendre la pièce visible

1. La lumière émise par la pièce est arrêtée par le bord de la tasse avant de parvenir à l'œil lorsque la tasse est vide.
2. Si on remplit la tasse d'eau à ras bord, l'observateur voit alors la pièce grâce à la réfraction de la lumière à la surface de l'eau.

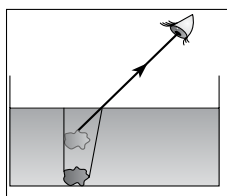


17 Image d'un gravier

1. Le gravier semble situé à :

$$d = \frac{45}{1,3} = 35 \text{ cm.}$$

2. La lumière qui parvient à l'œil semble provenir de l'image du gravier en ligne droite.



18 Voir manuel de l'élève page 186.

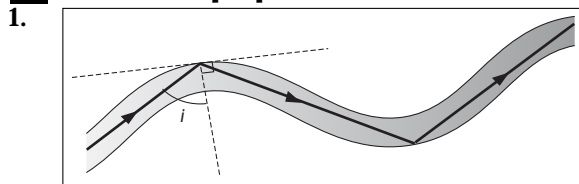
19 Ventilateur filmé au caméscope

Les images filmées par le caméscope sont identiques si entre deux prises de vues, une pale du ventilateur en a remplacé exactement une autre. Il faut donc qu'entre deux vues successives, le ventilateur ait effectué $1/3$ ou $2/3$ de tour ou un tour complet ou un nombre entier de tours complets plus éventuellement $1/3$ ou $2/3$ de tour. Il y a donc a priori un grand nombre de possibilités.

20 Les roues d'une diligence

1. Les roues semblent immobiles parce qu'entre deux vues successives, un rayon de la roue en a remplacé exactement un autre : les images de la roue sont donc toutes identiques.
2. Si la diligence ralentit légèrement, entre deux vues successives, un rayon tournera d'un angle légèrement inférieur à celui envisagé dans la question précédente. L'œil de l'observateur ne percevra que le petit angle manquant pour que le rayon vienne remplacer le précédent. Il verra donc la roue tourner lentement dans le sens inverse du sens réel.

21 Les fibres optiques



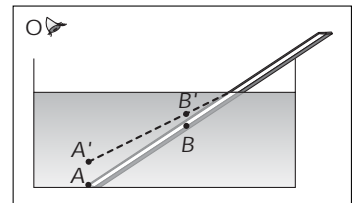
2. Les exemples d'application des fibres optiques sont nombreux. Elles sont utilisées dans les télécommunications, dans les tableaux de bord et même sous forme de bouquets lumineux dans des lampes décoratives

22 Voir manuel de l'élève page 186.

EXERCICES TYPE BAC

23 La règle coudée

1. Le phénomène responsable de l'observation est la réfraction de la lumière.
2. n est l'indice de réfraction de l'eau.
3. Pour construire l'image du point B , on mesure la distance qui le sépare de la surface de l'eau, puis on divise cette distance par n , donc par 1,3 pour trouver la distance qui sépare l'image B' du point B de la surface de l'eau.
4. L'aspect de la règle telle que la voit l'observateur s'obtient en joignant B' au point d'intersection du bâton et de la surface de l'eau.



24 La persistance des impressions lumineuses sur la rétine de l'œil

1. L'œil voit au maximum 10 images distinctes par seconde.
2. L'œil voit la scène de façon continue.
3. Le moniteur vidéo et le téléviseur utilisent ce procédé de reproduction des couleurs. En mélangeant ces trois couleurs à leur intensité maximale, on obtient du blanc.

25 Les trois demi-bouteilles

1. L'explication est la même que dans l'exercice 22, corrigé dans le manuel de l'élève (p. 186).
2. La lumière doit s'écarter de la normale en passant de l'eau dans l'air (cf. schéma de l'exercice 22). L'indice de réfraction de l'eau est donc plus grand que celui de l'air.
3. L'image est due à la réfraction à travers la face latérale gauche de la cuve.

5 Les eaux naturelles

Le programme

D'après le B.O. hors série n° 7 du 30 août 2000		D'après le B.O. n° 19 du 9 mai 2002
Notions et contenus	Activités envisageables	Notions et contenus
Points de vue de la chimie sur quelques aliments Les eaux naturelles Les eaux de source. Composition chimique d'une eau minérale ; diversité. Dureté d'une eau et conséquences. <i>Limites : l'écriture des réactions chimiques mises en jeu dans les dosages n'est pas une compétence exigible.</i>	TP1 : – Tests gustatifs comparés sur des eaux de consommation. – Approche de la « dureté » d'une eau (degré hydrotimétrique) par action comparative d'une solution savonneuse (dans l'alcool). – Mesure du pH. – Dosage des ions chlorure ou des ions hydrogénéocarbonate. – Activité documentaire sur la composition des eaux naturelles.	– Connaître les ions responsables de la dureté de l'eau : Mg^{2+} et Ca. – Connaître quelques conséquences de la dureté de l'eau. – Dégager les notions d'acidité et de basicité de la mesure du pH. – Utiliser des résultats expérimentaux pour comparer différentes eaux.

Pour le chimiste, les ions sont des entités bien connues, mais pour l'élève, ce sont souvent des notions abstraites qui n'apparaissent qu'en cours de chimie. Ce chapitre traite des ions présents dans les eaux de tous les jours.

Ce sont les ions dissous qui donnent leur goût aux différentes eaux potables. Le résidu sec, obtenu après avoir retiré les molécules d'eau d'une eau potable, met en évidence ces substances initialement dissoutes. Ici, les élèves ont une difficulté : les substances dissoutes sont ionisées donc chargées alors que le précipité est neutre...

Ces ions présents dans l'eau se manifestent aussi par leurs éventuelles propriétés acido-basiques. Les eaux dures contiennent des ions qui altèrent le goût et provoquent l'entartrage des tuyaux et une mauvaise efficacité du savon.

Activités de découverte

activité 1 Le goût des eaux minérales naturelles

MANIPULATION 1

- **Matériel par groupe** : 3 gobelets en matière plastique.
- **Produits** : eaux de Volvic®, de Contrex®, de Vichy St-Yorre®.
- **Remarque** : on peut « dégazéifier » plus simplement, mais moins efficacement l'eau de Vichy St-Yorre® en l'agitant longuement avec une petite cuillère.

MANIPULATION 2

- **Solutions** :
Les solutions devront être préparées avec de l'eau du robinet ou de l'eau de Volvic®, mais en aucun cas avec de l'eau déminéralisée, car le passage sur les résines peut entraîner une contamination bactérienne.
– Eau salée : chlorure de sodium à $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.
– Solution d'hydrogénéocarbonate de sodium à $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.
– Solution saturée de carbonate de calcium.
- 1. L'eau qui a le plus de goût est l'eau de Vichy St-Yorre®.
- 2. Celle qui est la plus neutre en goût est l'eau de Volvic®.
- 3. L'eau contenant du « bicarbonate » (hydrogénéocarbonate de sodium) a le goût le plus proche de l'eau de Vichy-St-Yorre®.
- 4. L'ion responsable du goût de l'eau de Vichy St-Yorre® est l'ion hydrogénéocarbonate.

activité 2 Les ions dissous dans les eaux minérales naturelles

• **Matériel par groupe** : 1 bécher de 400 mL ; 3 billes de verre ou de la pierre ponce ; 1 éprouvette graduée de 250 mL ; 1 source de chauffage.

• **Matériel commun** : balance au cg.

• **Remarque** : les billes de verre ou la pierre ponce sont nécessaires pour obtenir une ébullition régulière (non explosive). Les projections, outre leur dangerosité (brûlures), faussent la mesure du résidu sec.

1. Le solide qui se dépose sur les parois du bécher est formé par l'association des ions dissous dans l'eau.

2. Il suffit de multiplier par 5 la masse obtenue par pesée pour trouver le résidu sec correspondant à un litre d'eau.

3. Le résultat trouvé est inférieur d'environ 10 % à la valeur indiquée sur l'étiquette (pertes inévitables par projection à l'extérieur du bécher de microgouttelettes).

4. On s'aperçoit que le goût est lié à la quantité d'ions puisque l'on a trouvé par ordre décroissant de goût :

– Vichy-St-Yorre® : $4\,774 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$;

– Contrex® : $2\,125 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$;

– Volvic® : $130 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

activité 3 L'acidité des eaux minérales naturelles

• **Matériel par groupe** : 1 pHmètre au 1/10 d'unité de pH ; électrodes de mesure de pH ; 1 solution de pH = 7,0 pour étalonnage ; 2 béchers.

• **Remarque** : la mesure du pH doit s'effectuer avec un pHmètre au 1/10 d'unité de pH (et non avec du papier pH).

• Volvic® : pH = 7,0, eau neutre.

Contrex® : pH = 7,1, eau pratiquement neutre.

Vichy-St-Yorre® : pH = 6,8, eau légèrement acide (eau sans gaz).

activité 4 Mise en évidence de quelques ions dans une eau

MANIPULATION 1

• **Matériel par groupe (pour les manipulations 1 et 2)** : 3 tubes à essai sur portoir.

• **Produits** : solution de nitrate d'argent à $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ dans flacon compte-goutte ; eau du robinet ; eau distillée.

MANIPULATION 3

• **Matériel par groupe** : 3 pulvérisateurs de récupération (échantillon de parfum) bien lavés et rincés ; bec Bunsen avec flamme très claire.

• **Produits** : eau salée ($1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$), par exemple ; eaux de Volvic®, de Contrex®, de Vichy St-Yorre®.

1. On observe un précipité blanc de AgCl (chlorure d'argent).

2. Eau distillée : aucun précipité

Eau du robinet : un trouble blanc apparaît.

3. L'eau du robinet contient des ions chlorure, l'eau distillée n'en contient pas.

4. Avec l'eau distillée, la flamme garde sa couleur bleu pâle.

Avec les trois eaux testées, la flamme devient jaune du fait qu'elle contient du sodium.

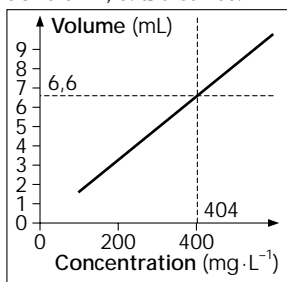
activité 5 Dosage des ions hydrogéné-carbonate dans l'eau de Contrex®

• **Matériel par groupe** : 2 erlenmeyers de 250 mL ; 1 éprouvette graduée de 100 mL ; 1 pipette graduée de 10,0 mL ; 1 burette graduée de 10,0 mL ; 1 agitateur magnétique avec barreau aimanté ; 1 agitateur en verre ; 1 tableur pour tracer la courbe.

• **Produits** : acide chlorhydrique à $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; rouge de méthyle dans flacon compte goutte ; eau de Contrex® ; eau distillée.

1. La manipulation conduit à verser entre 6,5 et 7,0 cm³ d'acide (précisément 6,6 cm³). Grâce au réticule du tableur, on voit que ces volumes conduisent à des concentrations comprises entre 396 et 425 mg · L⁻¹ (précisément 404 mg · L⁻¹).

2. Ce résultat est cohérent avec la valeur inscrite sur l'étiquette ($403 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$).



activité 6 Dureté d'une eau

• **Matériel par groupe** : 2 flacons de 125 mL avec bouchons ; 1 éprouvette graduée de 50 mL ; 1 burette graduée de 10 mL.

• **Produits** :

– eau de Volvic® ; eau du robinet.

– on peut utiliser la solution hydrotimétrique stable vendue par Prolabo (code 31700293) qui permet une détermination quantitative de la dureté, ou préparer soi-même une solution de savon dans l'alcool en râpant du savon de Marseille (environ 10 g) quelques jours avant l'emploi dans 100 cm³ d'éthanol à

90 %. Elle doit se présenter au moment de l'emploi comme une solution limpide et assez fluide.

1. Avec la solution précédente, il faut environ 5 secondes pour que la mousse disparaisse.

2. Il faut environ 15 secondes et l'eau devient trouble.

3. On s'aperçoit que V est notablement plus important que V' . L'eau du robinet est beaucoup plus dure que celle de Volvic®.

L'essentiel après les activités

• **L'homme et l'eau en quelques chiffres**

Tout être vivant a besoin d'eau (l'être humain est constitué à 70 % d'eau) ; le sang, la lymphe, les larmes, la salive, les sucs digestifs, le liquide céphalorachidien sont formés d'eau.

L'homme ne peut rester plus de trois jours en l'absence totale d'eau, sous peine de graves troubles. La mort intervient entre le cinquième et le sixième jour.

Le plus grand producteur d'eau minérale naturelle en Europe est l'Italie : (5 500 millions de litres d'eau non gazeuse) suivie de la France : (4 800 millions de litres).

En France, la consommation annuelle par habitant en 2002 est de 92 litres d'eau minérale naturelle.

• **L'eau en bouteilles et la législation**

Une eau minérale ne peut être exploitée qu'avec une autorisation préalable du ministère de la santé. Une eau de source doit, pour être vendue, recevoir une autorisation préfectorale.

S'informer

Petite histoire de l'eau courante

1. Le plomb, élément toxique pour l'organisme, ne doit pas être ingéré. La maladie chronique correspondante est le saturnisme. Dans les régions calcaires, un dépôt de tartre dans les canalisations en plomb protégeait les consommateurs de cette maladie.

2. L'évacuation des eaux usées se fait aujourd'hui dans des canalisations en chlorure de polyvinyle (PVC), plus faciles à poser et moins onéreuses.

3. a. Les siphons des lavabos et des éviers maintiennent une petite quantité d'eau qui empêche la communication entre l'air des salles de bains ou des cuisines et l'air provenant des égouts, qui est nauséabond.

b. Il s'agit du siphon dont la définition a été donnée au début de la question 3, et non du siphon d'un lavabo.

BIBLIOGRAPHIE ET SITES INTERNET

- BUP, n° 831, février 2001
- BUP, n° 780 (p. 113) (*Dureté d'une eau*, M. Stupfler).
- Union des physiciens, Union des Industries chimiques, *Recueil d'épreuves sélectionnées des quatre premières olympiades de la chimie*, 1990.
- Approche expérimentale de l'eau, CRDP Poitou Charente (*Le goût des eaux de boisson*).

- *Liste des eaux minérales* : http://www.multimania.com/unpeudetout/eaux/noms_eaux.shtml
- *Eaux minérales et de source* : <http://www.medecine-et-sante.com/nutrition/eaux.html>
- *Eaux potables, de source et minérales* : <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/sourceMin.html>
- *Textes officiels relatifs aux eaux minérales* : <http://www.admi.net/min/med/tex/eaux.html>

ÉVALUATION RAPIDE

2 à **5** Voir manuel de l'élève page 187.

ENTRAÎNEMENT

6 Voir manuel de l'élève page 187.

7 Les pluies

1. Dans ce cas, « eau douce » signifie que sa dureté est faible (peu de sels dissous, notamment calcium et magnésium).
2. Si après séchage, la carrosserie n'a pas de traces dues aux dépôts éventuels des sels dissous.
3. Le ciment contient en surface des substances qui, en se dissolvant dans l'eau, modifient son pH en l'augmentant (substances basiques). La matière plastique est chimiquement inerte.
4. On a intérêt à la stocker dans un réservoir en ciment.
5. Arroser le jardin, laver la voiture, alimenter la chasse d'eau, nettoyer le sol de la maison.

8 Voir manuel de l'élève page 187.

9 Régimes

1. L'eau de Contrex® (486 mg.L⁻¹ d'ions calcium et 84 mg.L⁻¹ d'ions magnésium) et l'eau d'Hépar (555 mg.L⁻¹ d'ions calcium et 110 mg.L⁻¹ d'ions magnésium) sont deux eaux qui peuvent être qualifiées de calciques et magnésiennes.

2. Les eaux de Vittel, de Thonon ou d'Évian® peuvent être recommandées dans des régimes hyposodiques, du fait de leur faible teneur en ions sodium.

10 Voir manuel de l'élève page 187.

EXERCICES TYPE BAC

11 Eaux minérales, eau potable, eau de biberon

1. Volvic® : oui.
Contrex® : non (magnésium, sulfate, résidu sec).
Alet® : oui.
Vittel® : non (sulfate).
Thonon® : oui.
Évian® : oui.
2. On peut néanmoins les boire toutes, car les normes de potabilité ne s'appliquent pas à ces eaux qui ont des propriétés thérapeutiques.
3. Volvic® : neutre ; Alet®, Thonon®, Évian® : basiques.
4. Alet®, Évian®, Thonon®, Volvic® conviendront pour les biberons des bébés (faible résidu sec).

12 Contre l'hypertension

Ce sont les ions sodium (Na⁺) et potassium (K⁺) qui donnent un goût salé aux substances qui les contiennent.

Cl⁻ : non (MgCl₂ non salé).

SO₄²⁻ : non (CaSO₄ non salé).

6 Des eaux naturelles à l'eau potable

Le programme

D'après le B.O. hors série n° 7 du 30 août 2000		D'après le B.O. n° 19 du 9 mai 2002
Notions et contenus	Activités envisageables	Notions et contenus
Des eaux naturelles à l'eau potable Le cycle de l'eau dans la nature ; enjeux planétaires. Critères physico-chimiques de potabilité. Opérations de traitement d'une eau naturelle : purification.	TP2 : – Visite d'une unité de captation / purification. – Réalisation d'une ou plusieurs opérations de purification : décantation, filtration ; floculation, action du carbone actif, distillation d'une eau salée, traitement par résine échangeuse d'ions.	– Reconnaître les différents changements d'état intervenant dans le cycle de l'eau. – Utiliser les termes décantation, filtration, distillation. – Identifier des techniques de séparation utilisées dans le cas d'exemples proposés. – Repérer, dans un document, différents agents responsables de la pollution de l'eau.

Dans ce chapitre, on explicite comment purifier l'eau, au sens de retirer des ions, soit par distillation soit par échange d'ions à l'aide de résines. On évoque également l'important problème de gestion de l'eau potable.

Activités de découverte

activité 1 Purification d'une eau au laboratoire

MANIPULATION 1

- **Matériel par groupe :** 1 bécher de 250 mL portant des graduations ; fiole à filtrer ; entonnoir de Büchner ; agitateur en verre ; trompe à eau ou tout autre dispositif pour faire le vide ; papier filtre et ciseaux.
- **Produit :** eau de mer avec sable ou eau de rivière avec boue.

MANIPULATION 2

- **Matériel par groupe :** support élévateur ; chauffe-ballon ; ballon de 250 mL ou de 500 mL à col rodé ; tête de colonne ; thermomètre (0-200 °C) ; réfrigérant droit ; allonge coudée ; erlenmeyer de 125 mL ; billes de verre ou pierre ponce.
 - **Produit :** eau de mer filtrée.
1. Le filtrat obtenu est limpide.
 2. Il contient néanmoins, en solution, des substances dissoutes (sel, par exemple, pour l'eau de mer).
 3. Le réfrigérant reçoit la vapeur d'eau, la condense en la refroidissant grâce à la circulation d'eau dans son enveloppe extérieure et canalise l'eau de condensation vers le récepteur.
 4. L'erlenmeyer (récepteur) reçoit de l'eau distillée, c'est-à-dire en théorie exempte de toute impureté. On sait que très rapidement des substances présentes dans l'air vont se dissoudre dans ce distillat si on ne le protège pas. Par exemple, le dioxyde de carbone : une eau distillée abandonnée à l'air pendant quelques dizaines de minutes a un pH de 6.
- De plus, si l'on conserve l'eau distillée dans un récipient en verre, elle va dissoudre des ions appartenant au verre (ions sodium, par exemple).

MANIPULATION supplémentaire

On peut illustrer l'action du charbon actif que l'on utilise pour purifier une eau en vue de la rendre potable, par la manipulation suivante.

- **Matériel par groupe :** 1 erlenmeyer de 100 mL ; spatule ; fiole à filtrer ; entonnoir de Büchner ; source de chauffage ; trompe à eau ou tout autre dispositif pour faire le vide ; papier filtre et ciseaux ; billes de verre ou pierre ponce.
- **Produits :** vin rouge ; charbon actif.
Placer environ 50 mL de vin rouge dans l'erlenmeyer et quelques billes de verre. Ajouter deux spatules de charbon actif. Porter à ébullition pendant quelques minutes en agitant.
Filtrer sous vide.
On s'aperçoit que le vin rouge a été décoloré.
Le charbon actif très divisé retient les substances colorantes (tanins) qui donnent sa couleur rouge au vin.

activité 2 Déminéralisation d'une eau par des résines

MANIPULATION 1

- **Matériel par groupe :** portoir de tubes à essais avec tubes ; pipette simple.
- **Produits :** eau de Contrex® ; eau distillée ; solution de chlorure de baryum à 0,2 mol.L⁻¹.

MANIPULATION 2

- **Matériel par groupe :** portoir de tubes à essais avec tubes ; pipette simple.
- **Produits :** eau de Contrex® ; eau distillée ; solution d'oxalate d'ammonium à 50 g.L⁻¹.

MANIPULATION 3

- **Matériel par groupe :** pHmètre avec électrodes, étalonné à pH = 7,0 ; colonne de résine cationique (par exemple, résine Amberlite®, IRN-77 Prolabo) munie d'un robinet à la base ; 3 béchers de 100 mL ; pipette simple.
- **Produits :** eau de Contrex® ; solution d'oxalate d'ammonium à 50 g.L⁻¹.

MANIPULATION 4

- **Matériel par groupe :** pHmètre avec électrodes, étalonné à pH = 7,0 ; colonne de résine anionique (par exemple, résine Amberlite®, IRN-78 Prolabo) munie d'un robinet à la base ; 3 béchers de 100 mL ; pipette simple.
 - **Produits :** eau de Contrex® ; solution de chlorure de baryum à 0,2 mol.L⁻¹.
1. On peut mettre en évidence les ions sulfate présents dans

une eau par le précipité blanc de sulfate de baryum qui se forme lorsque l'on ajoute des ions baryum (existants dans une solution de chlorure de baryum) dans cette eau.

2. On peut mettre en évidence les ions calcium présents dans une eau, grâce au précipité blanc d'oxalate de calcium qui se forme lorsque l'on ajoute des ions oxalate (existants dans une solution d'oxalate d'ammonium) dans cette eau.

3. Le test à l'oxalate d'ammonium est négatif : les résines cationiques ont fixé et fait disparaître de l'eau les ions calcium.

4. Le pH de l'eau diminue après son passage sur les résines cationiques.

5. Les ions calcium ont été remplacés par des ions hydronium, ce que traduit la diminution de pH.

6. Le test au chlorure de baryum est négatif : les résines anioniques ont fixé et fait disparaître de l'eau les ions sulfate.

7. Le pH de l'eau augmente après son passage sur les résines anioniques.

8. Les ions calcium ont été remplacés par des ions hydroxydes, ce que traduit l'augmentation de pH.

L'essentiel après les activités

Dates repères pour la purification de l'eau

• 2000-1500 avant J.-C : on utilise déjà le charbon pour filtrer l'eau en vue de la purifier.

• 1500 avant J.-C : les Égyptiens utilisent l'alun pour rassembler les particules en suspension dans l'eau, afin qu'elles se déposent et que l'on puisse les éliminer.

• On utilise depuis plus de 500 ans la distillation comme technique de purification de l'eau.

• Les résines échangeuses d'ions datent du début du vingtième siècle.

• Le procédé par osmose inverse est utilisé pour la première fois vers 1960.

Les effets sur l'homme de substances présentes dans l'eau

• *Ion nitrate* : la flore intestinale réduit les nitrates en nitrites qui se fixent sur l'hémoglobine et empêchent le transport du dioxygène par le sang.

• *Ion nitrite* : réduction des échanges respiratoires au niveau du sang.

• *Ion fluor* : un déficit entraîne des caries dentaires, un excès peut être à l'origine de tâches sur l'émail des dents.

• *Arsenic, chrome, certains hydrocarbures* : actions cancérigènes.

• *Mercur*e : perturbation du fonctionnement des enzymes de la respiration cellulaire.

• *Plomb* : perturbation des fonctions du foie. Le saturnisme est l'état dû à une intoxication chronique.

• *Détergents* : facilitation de la pénétration et de la digestion de certains hydrocarbures aromatiques.

Quelques caractéristiques intrinsèques de l'eau

• *Température* : la quantité de substances dissoutes dans l'eau dépend beaucoup de la température. Par ailleurs, plus la température est élevée entre 0 °C et 40 °C, plus il y a prolifération des bactéries et des microbes présents dans l'eau.

• *pH* : le pH d'une eau potable (non gazeuse) varie entre 6,5 et 8,5.

• *Conductivité électrique* : c'est la propriété que possède une eau de faciliter plus ou moins le passage du courant électrique. Elle est liée à la quantité d'ions qu'elle contient par litre. Une eau de bonne qualité a une conductivité de l'ordre de 400 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ à 20 °C.

• *Dureté* : un degré français (°f) représente la dureté d'une solution contenant 4 mg d'ions calcium (Ca^{2+}) par litre (c'est-à-dire 10 mg de carbonate de calcium).

• *Dioxygène dissous* : une eau d'excellente qualité a une teneur en dioxygène dissous supérieure à 7 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Le saumon, poisson fragile, ne peut vivre que dans les eaux froides (la quantité de dioxygène en solution est alors plus grande) et agitée (ce qui favorise la pénétration du gaz) des torrents.

Le prix de l'eau

À Montpellier, voici comment se répartit le prix d'un m^3 d'eau :

– Abonnement :	0,12 euro H.T. (0,79 F)
– Distribution :	1,0 euro H.T. (6,56 F)
– Collecte et traitement des eaux usées :	0,65 euro H.T. (4,26 F)
– TVA :	0,48 euro H.T. (3,14 F)
Total	2,25 euro T.T.C. (14,75 F)

S'informer

Eau de mer et eau douce

1. Phénomène de diffusion entre deux solutions de concentration différente, à travers une membrane perméable ou semi-perméable. Le solvant passe de la solution la moins concentrée vers la solution la plus concentrée

2. Dans l'osmose inverse, on exerce une forte pression dans le compartiment contenant la solution la plus concentrée : le solvant passe de cette solution vers la solution la moins concentrée. Lors de la purification de l'eau, la solution la moins concentrée est l'eau pure, l'autre est l'eau à purifier : cette dernière traverse la membrane et rejoint le compartiment de l'eau pure. Les impuretés sont retenues par la membrane.

3. Il s'agit d'une quantité journalière.

4. Ces pays ont d'importantes ressources pétrolières.

5. L'opération de dessalement augmente d'environ 50 % le prix moyen de l'eau.

BIBLIOGRAPHIE ET SITES INTERNET

- Union des physiciens, Union des Industries chimiques, *Recueil d'épreuves sélectionnées des quatre premières olympiades de la chimie*, 1990.
- Water line, n° 8 (hiver 2002). Publication de MILLIPORE
- *Les clés de l'actualité* (21/27 mars 1996) : « L'eau, ressource en danger ».
- *Le Monde* (12 janvier 2000), « Les techniques de dessalement de l'eau de mers sont en plein essor ».
- *Pour la science*, N° 282 (avril 2001) : « Les guerres de l'eau » et « Transport d'eau ».
- *Des hommes manquent d'eau* : <http://www.lemonde.fr/article/0,5987,3210-288416-,00.html>
- *Production d'eau potable* : <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/production.html>
- *Pluviométrie à Talloires* : <http://www.pluviometrie.talloires.com>

ÉVALUATION RAPIDE

2 à **8** Voir manuel de l'élève page 187.

ENTRAÎNEMENT

9 Le cycle de l'eau

Aux pôles : les glaces polaires (celles situées au cœur des masses de glace) n'ont pas participé au cycle de l'eau depuis des millions d'années.

Au centre de la Terre : certaines roches contiennent de l'eau de constitution qui n'a pas participé depuis longtemps au cycle de l'eau. Cette eau peut être libérée parfois à l'occasion d'une éruption volcanique ; les géologues la nomme eau juvénile.

10 Voir manuel de l'élève page 187.

11 Toute l'eau des océans

La masse de sel obtenue serait :
 $3,57 \times 10^{16}$ tonnes, soit 35,7 millions de milliards de tonnes.

12 & **13** Voir manuel de l'élève page 187.

14 Eutrophisation

1. Un écosystème est l'ensemble des êtres vivants d'un même milieu et des éléments non vivants qui leur sont liés vitalement.
2. C'est une évolution biochimique des eaux où sont déversés trop de déchets industriels nutritifs, ce qui perturbe leur équilibre biologique par diminution de l'oxygène dissous. Ce phénomène se produisant dans des zones limitées.
3. Nitrate, nitrite.
4. Non : les ulves sont des algues vertes marines (laitues de mer).

15 Ozonisation et chloration

L'*ozonisation* permet l'élimination des matières organiques dissoutes, des bactéries et des virus.

La *chloration* assure la désinfection de l'eau pendant son transport dans les canalisations.

16 Dureté, eau déminéralisée et eau adoucie

1. En lavant ses mains avec cette eau, on apprécie sa dureté :
 - s'il faut beaucoup de savon pour qu'il apparaisse de la mousse, il s'agit d'une eau dure ;
 - si lors du rinçage, on a toujours l'impression d'avoir les mains savonneuses, il s'agit d'une eau douce.
2. Les ions calcium et magnésium sont responsables de la dureté d'une eau :
 Volvic®, Alet®, Évian®, Thonon®, Vittel®, Contrex®, Hépar®.
- 3.a. Une eau adoucie n'est pas chimiquement pure.
- b. Une eau déminéralisée est chimiquement pure.
 Déminéraliser une eau, c'est enlever tous les cations et tous les anions qu'elle contient. Ils ont été remplacés respectivement par des ions hydrogène et par des ions hydroxyde.

17 Critères de pureté

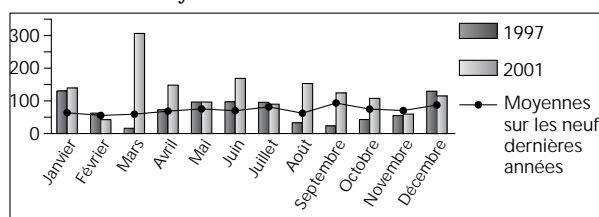
1. Elle doit être limpide et ne présenter aucune odeur.
2. Le pH doit être voisin de 7 et la teneur en ions calcium ou magnésium ne doit pas être trop élevée.
3. La concentration en ions nitrates doit être inférieure à $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ et celle en ions nitrites inférieure à $50 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.
4. Il ne doit pas y avoir de traces d'espèces pathogènes (salmonelles, staphylocoques...).

EXERCICE TYPE BAC

18 Pluviomètre et pluviométrie

- 1.a. La règle indique la hauteur d'eau que l'on aurait recueillie si la pluie était tombée sur une surface de 1 m^2 . Cette indication est proportionnelle à la hauteur dont monte le flotteur.
- b. Le réceptacle permet d'avoir une surface de réception plus grande. En se déversant dans un cylindre de section plus petite, cela augmente la hauteur d'eau dont monte le flotteur et donne une plus grande sensibilité à l'appareil.
- c. Pour la raison inverse de celle donnée en **b** : la hauteur d'eau directement recueillie dans le cylindre, sans réceptacle (cette hauteur est la même que celle de l'eau recueillie dans le réceptacle, sans écoulement dans le cylindre) est plus faible que celle recueillie dans le cylindre avec réceptacle ; donc sensibilité moindre de l'appareil.
- d. Le zéro de la règle est en haut : lorsqu'il ne pleut pas, le flotteur est au fond du cylindre.

2.a.



- b. On a choisi l'année 1997, car sur les neuf dernières années, la pluviométrie a été la plus faible.
 On a choisi l'année 2001, car sur les neuf dernières années, la pluviométrie a été la plus forte.
- c. *Janvier* : anormalement pluvieux.
Février : normal.
Mars : anormalement sec.
Avril : normal.
Mai et juin : pluviométrie légèrement supérieure à la normale.
Juillet : à peu près normal.
Août : anormalement sec.
Septembre : anormalement sec.
Octobre : anormalement sec.
Novembre : pluviométrie légèrement inférieure à la normale.
Décembre : anormalement pluvieux.
- d. La « sécheresse » s'est produite à la fin de l'été et en automne.
- e. Talloires, en Haute-Savoie, sur les bords du lac d'Annecy, est une région assez peu pluvieuse au regard de certaines autres régions françaises.