Les lentilles minces convergentes : de la modélisation à la formation des images

Prérequis

Avant d'aborder ce cours, vous devez maîtriser les notions suivantes issues du cycle 4 et du début de la classe de seconde :

- La propagation rectiligne de la lumière dans un milieu homogène et transparent.
- Le modèle du rayon lumineux.
- La notion de source de lumière (primaire et secondaire).
- La distinction entre un objet et son image.
- Les outils mathématiques de base : proportionnalité, lecture de graphiques, et bases de la géométrie plane (théorème de Thalès).

Ce chapitre s'inscrit dans la thématique “Ondes et signaux” du programme de physique-chimie de Seconde. Il suit généralement l'étude de la réfraction et précède l'étude de la vision et des instruments d'optique.

Chapitre 1 : Nature et caractéristiques d'une lentille convergente

1. Qu'est-ce qu'une lentille mince ?

Une lentille est un milieu transparent (verre ou plastique) limité par deux surfaces, dont l'une au moins n'est pas plane. Une lentille est dite **mince** si son épaisseur au centre est faible devant les rayons de courbure de ses faces et devant son diamètre.

On distingue deux grandes familles de lentilles :

- Les **lentilles convergentes** : elles possèdent des bords minces et un centre épais.
- Les **lentilles divergentes** : elles possèdent des bords épais et un centre mince.

Dans ce cours, nous nous focaliserons exclusivement sur les lentilles convergentes. Comme leur nom l'indique, elles ont la propriété de faire “converger” (rapprocher) un faisceau de lumière parallèle en un point unique.

2. Modélisation et points remarquables

Pour étudier le comportement de la lumière, nous utilisons un modèle géométrique. Une lentille convergente est représentée par un segment vertical terminé par deux pointes de flèches orientées vers l'extérieur.

Plusieurs éléments définissent une lentille :

1. **L'axe optique (Δ)** : C'est la droite passant par le centre de la lentille et perpendiculaire à celle-ci. C'est l'axe de symétrie du système.
2. **Le centre optique (O)** : C'est le point d'intersection entre l'axe optique et la lentille. Tout rayon passant par O ne subit aucune déviation.
3. **Le foyer image ($Fprime$)** : C'est le point de l'axe optique où convergent les rayons qui arrivent parallèlement à l'axe optique.
4. **Le foyer objet (F)** : C'est le symétrique de $Fprime$ par rapport au centre optique O. Tout rayon passant par F ressort de la lentille parallèlement à l'axe optique.

3. La distance focale et la vergence

La **distance focale image**, notée $fprime$, est la distance algébrique entre le centre optique et le foyer image.

```
Elle s'exprime en mètres (<m>text{m}</m>) :
<m>fprime = OFprime</m>
```

C'est une caractéristique propre à chaque lentille. Plus une lentille est bombée, plus elle fait converger la lumière rapidement, et plus sa distance focale est courte.

Une autre grandeur utilisée, notamment par les opticiens, est la **vergence**, notée V (ou parfois C). Elle est définie comme l'inverse de la distance focale :

$$V=\frac{(1)}{(fprime)}$$

* V s'exprime en **dioptries** (δ ou $textm^{-1}$).

- $fprime$ doit impérativement être exprimée en **mètres** ($textm$) pour ce calcul.

Remarque pédagogique : Une lentille convergente a une vergence positive ($V>0$), tandis qu'une lentille divergente a une vergence négative. Sur une ordonnance d'ophtalmologiste, si vous lisez $+2,50\delta$, il s'agit d'une lentille convergente.

Chapitre 2 : Construction géométrique d'une image

1. Les trois rayons particuliers

Pour déterminer la position et la taille d'une image formée par une lentille, on utilise la méthode du tracé de rayons. Bien qu'une infinité de rayons partent d'un point objet, trois rayons “remarquables” suffisent à construire l'image :

1. **Le rayon passant par le centre optique (O)** : Il n'est pas dévié.
2. **Le rayon incident parallèle à l'axe optique** : Il ressort de la lentille en passant par le foyer

image $Fprime$.
3. **Le rayon incident passant par le foyer objet (F)** : Il ressort de la lentille parallèlement à l'axe optique.

L'intersection de ces trois rayons (ou de deux d'entre eux) permet de situer le point image.

2. Méthodologie de construction (Pas à pas)

Imaginons un objet plan, représenté par une flèche verticale AB, où A est situé sur l'axe optique.

1. On place le point O, puis les foyers F et $Fprime$ en respectant l'échelle choisie.
2. On dessine l'objet AB à la position donnée.
3. On trace les rayons partant de B :

- Le rayon (1) passant par O.
- Le rayon (2) parallèle à l'axe, qui dévie vers $Fprime$.

1. Le point de rencontre de ces rayons est $Bprime$, l'image de B.
2. On projette $Bprime$ orthogonalement sur l'axe optique pour obtenir $Aprime$. L'image est donc le segment fléché $AprimeBprime$.

3. Image réelle vs Image virtuelle

Selon la position de l'objet par rapport au foyer objet F, le comportement change radicalement :

- **Si l'objet est situé avant le foyer objet ($OA>f$)** : Les rayons convergent réellement de l'autre côté de la lentille. On obtient une **image réelle**, que l'on peut projeter sur un écran. Elle est renversée.
- **Si l'objet est situé entre le foyer et la lentille ($OA<f$)** : Les rayons divergent en sortie de lentille. Leurs prolongements se croisent en amont de la lentille. On obtient une **image virtuelle**. On ne peut pas la projeter sur un écran, mais l'œil peut la voir à travers la lentille (effet loupe). L'image est droite.

Question de réflexion : Que se passe-t-il si l'objet est placé exactement sur le foyer F ? Les rayons émergents seront parallèles, l'image se formera donc “à l'infini”. C'est le principe de certains projecteurs.

Chapitre 3 : Caractérisation quantitative de l'image

1. Le grandissement

Pour comparer la taille de l'image à celle de l'objet, on définit une grandeur sans unité appelée le **grandissement**, notée γ (gamma).

```
En utilisant le théorème de Thalès sur les triangles semblables <m>OAB</m>
```

et <m>OAprimeBprime</m>, on obtient la relation fondamentale :

$$\gamma=\frac{(bar\,AprimeBprime)}{bar(AB)}=\frac{(bar\,OAprime)}{bar(OA)}$$

Dans cette formule, les barres sur les lettres indiquent des **valeurs algébriques**. Cela signifie que l'on tient compte du sens :

- L'axe optique est orienté dans le sens de la lumière (gauche vers droite).
- L'axe vertical est orienté vers le haut.

Interprétation du grandissement :

- Si $|\gamma|>1$, l'image est plus grande que l'objet.
- Si $|\gamma|<1$, l'image est plus petite que l'objet.
- Si $\gamma<0$, l'image est renversée par rapport à l'objet (cas de l'image réelle).
- Si $\gamma>0$, l'image est droite (cas de l'image virtuelle/loupe).

2. La relation de conjugaison (Approfondissement)

Bien qu'elle soit parfois abordée en classe de Première, la relation de conjugaison de Descartes est l'outil ultime pour prédire la position de l'image par le calcul sans faire de schéma. Elle lie la position de l'objet, celle de l'image et la distance focale :

$$\frac{(1)}{bar(OAprime)}-\frac{(1)}{bar(OA)}=\frac{(1)}{(fprime)}$$

Attention à l'erreur fréquente : N'oubliez pas que $barOA$ est souvent négatif puisque l'objet est généralement placé à gauche de la lentille (origine en O).

3. Exercice d'application guidé

Énoncé : Un objet AB de $2,0\,textcm$ de haut est placé à $30\,textcm$ devant une lentille convergente de distance focale $fprime=10\,textcm$.

1. Déterminer la position de l'image $AprimeBprime$ par le calcul.
2. Calculer le grandissement et la taille de l'image.

Solution :

1. Données : $barOA=-30\,textcm=-0,30\,textm$; $fprime=0,10\,textm$.

Utilisons la relation de conjugaison :

```
<m>(1)/(bar{OAprime)} = (1)/(fprime) + (1)/(bar{OA)}</m>
<m>(1)/(bar{OAprime)} = (1)/(0,10) + (1)/(-0,30) = 10 - 3,33 = 6,67
text{m}^{-1}</m>
<m>bar{OAprime} = (1)/(6,67) approx 0,15  text{m}</m> soit <m>15
text{cm}</m>.
```

```
L'image se forme à <m>15  text{cm}</m> derrière la lentille.
```

1. Grandissement : $\gamma=\frac{(barOAprime)}{bar(OA)}=\frac{(15)}{(-30)}=-0,5$.

Taille de l'image : $barAprimeBprime=\gamma.barAB=-0,5.2,0=-1,0 text cm$.

```
L'image est réelle, renversée et mesure <m>1,0  text{cm}</m>.
```

Chapitre 4 : Applications et modélisation de l'œil

1. Le modèle réduit de l'œil

En physique, on modélise l'œil humain (système complexe) par un système optique simple appelé “œil réduit”. Il est composé de trois éléments :

- Un diaphragme (l'**iris**) qui régule la quantité de lumière.
- Une lentille convergente (le **cristallin**) dont la distance focale peut varier.
- Un écran (la **rétine**) où se forme l'image.

Pour qu'une vision soit nette, l'image doit se former précisément sur la rétine. Contrairement à un appareil photo où l'on déplace la lentille, l'œil modifie la courbure de son cristallin pour changer sa vergence : c'est l'**accommodation**.

2. Les défauts de vision et leur correction

L'étude des lentilles permet de comprendre comment corriger les amétropies (défauts de l'œil) :

- **La Myopie** : L'œil est “trop long” ou le cristallin “trop puissant”. L'image d'un objet lointain se forme *devant* la rétine. On corrige cela avec des lentilles **divergentes**.
- **L'Hypermétropie** : L'œil est “trop court” ou pas assez puissant. L'image se formerait *derrière* la rétine. On utilise des lentilles **convergentes** pour ramener l'image sur la rétine.
- **La Presbytie** : Liée au vieillissement, le cristallin perd sa souplesse et n'accommode plus assez pour la vision de près. On utilise également des lentilles **convergentes** pour la lecture.

3. Lien interdisciplinaire : La photographie

L'appareil photographique fonctionne sur le même principe que l'œil. L'objectif est une lentille convergente (ou un ensemble de lentilles équivalent à une lentille convergente) et le capteur CCD joue le rôle de la rétine. La mise au point se fait en déplaçant l'objectif par rapport au capteur pour satisfaire la relation de conjugaison.

Tableau récapitulatif des analogies :

```
<table border="1">
```

```
 <tr>
 <th>Élément de l'œil</th>
 <th>Équivalent optique</th>
 <th>Élément de l'appareil photo</th>
 </tr>
 <tr>
 <td>Iris / Pupille</td>
 <td>Diaphragme</td>
 <td>Diaphragme</td>
 </tr>
 <tr>
 <td>Cristallin</td>
 <td>Lentille convergente</td>
 <td>Objectif</td>
 </tr>
 <tr>
 <td>Rétine</td>
 <td>Écran</td>
 <td>Capteur (ou pellicule)</td>
 </tr>
</table>
```

4. Exercice de synthèse : La loupe

Une loupe est une lentille convergente de courte distance focale (ex: $fprime = 5 textcm$).

```
Si vous placez un timbre à <m>3  text{cm}</m> de la loupe, où se trouve
l'image ?
En utilisant <m>(1)/(bar{OAprime)} = (1)/(0,05) + (1)/(-0,03) = 20 - 33,3 =
-13,3  text{m}^{-1}</m>.
<m>bar{OAprime} approx -0,075  text{m} = -7,5  text{cm}</m>.
L'image est virtuelle (<m>bar{OAprime} < 0</m>), elle est située du même
côté que l'objet. Le grandissement est <m>gamma = (-7,5)/(-3) = +2,5</m>. Le
timbre paraît <m>2,5</m> fois plus grand et il est à l'endroit.
```

Résumé

- Une **lentille convergente** est un système optique à bords minces qui fait converger les rayons lumineux parallèles en un point appelé **foyer image** $Fprime$.
- Le **centre optique** O est le centre de la lentille ; les rayons le traversant ne sont pas déviés.
- La **distance focale** $fprime = OFprime$ (en $textm$) caractérise la lentille. Sa **vergence** $V = \frac{(1)}{(fprime)}$ s'exprime en **dioptries** (δ).
- Pour construire l'image d'un point B, on trace au moins deux rayons : celui passant par O (non dévié) et celui parallèle à l'axe (qui ressort par $Fprime$).
- L'**image est réelle** si elle peut être projetée sur un écran (objet placé au-delà de F). Elle est

virtuelle si elle est vue à travers la lentille (objet placé entre O et F).

- Le **grandissement** est défini par $\gamma=\frac{(bar\,A prime B prime)}{bar(AB)}=\frac{(bar\,OA prime)}{bar(OA)}$. Si $\gamma<0$, l'image est renversée.
- L'**œil réduit** est composé d'un diaphragme, d'une lentille convergente (cristallin) et d'un écran (rétine). L'**accommodation** est l'ajustement de la vergence du cristallin.
- L'**hypermétropie** se corrige avec des lentilles convergentes, tandis que la **myopie** requiert des lentilles divergentes.

From:
https://www.wikiprof.fr/ - **wikiprof.fr**

Permanent link:
https://www.wikiprof.fr/doku.php?id=cours:lycee:generale:seconde_generale_et_technologique:physique_chimie:les_lentilles_convergentes&rev=1778433618

Last update: **2026/08/15 12:56**