

Première partie

semestre 1

Liste des chapitres du semestre 1

1 Lois de l'optique géométrique	3
1 Propagation de la lumière	3
2 Les lois de Snell-Descartes	5
3 Le miroir plan	7
4 La fibre optique	7
2 Lentilles minces	9
1 Formation d'une image	9
2 Les lentilles minces	10
3 Systèmes optiques	15
1 L'œil	15
2 L'appareil photo	17
3 Systèmes à deux lentilles	18

Chapitre 1 : Lois de l'optique géométrique

Notions et contenus	Capacités exigibles (en gras les capacités expérimentales)
1.1. Formation des images	
Modèle de la source ponctuelle monochromatique. Spectre.	Caractériser une source lumineuse par son spectre. Relier la longueur d'onde dans le vide et la couleur.
Modèle de l'optique géométrique. Notion de rayon lumineux. Indice d'un milieu transparent.	Définir le modèle de l'optique géométrique. Indiquer les limites du modèle de l'optique géométrique.
Réflexion, réfraction. Lois de Snell-Descartes.	Établir la condition de réflexion totale.
Miroir plan.	Construire l'image d'un objet par un miroir plan.
La fibre optique à saut d'indice.	Établir les expressions du cône d'acceptance et de la dispersion intermodale d'une fibre à saut d'indice.

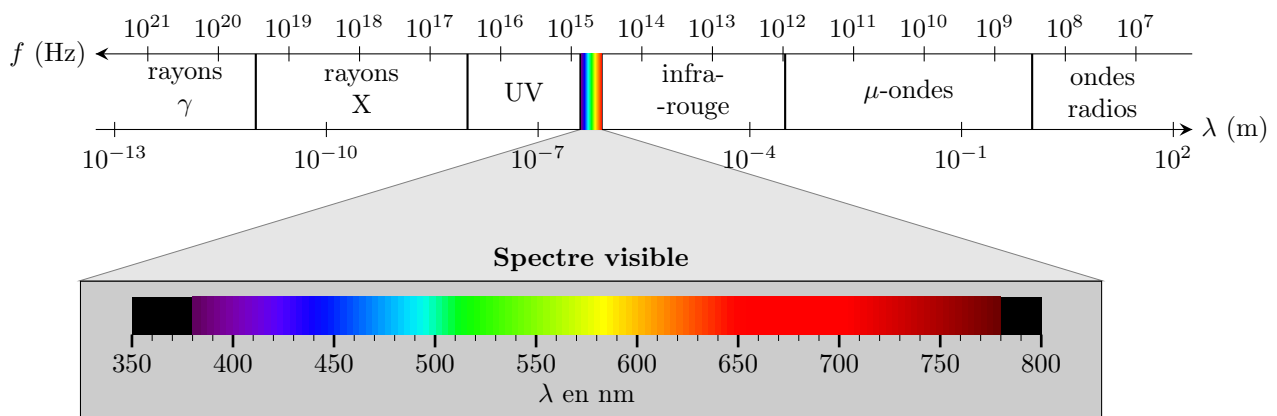
Plan du chapitre

1	Propagation de la lumière	3
1	1 Les sources de lumière	3
2	2 Modèle de l'optique géométrique	4
2	Les lois de Snell-Descartes	5
1	1 L'énoncé	5
2	2 Conséquences	6
3	Le miroir plan	7
1	1 Source ponctuelle	7
2	2 Notion d'image	7
4	La fibre optique	7
1	1 Présentation	7
2	2 Cône d'acceptance	8
3	3 Dispersion intermodale	8

1 Propagation de la lumière

1 Les sources de lumière

Les ondes électromagnétiques couvrent une large gamme de fréquence. On appelle lumière visible la petite portion de ce spectre à laquelle notre œil est sensible.



Ordre de grandeur à retenir

Le spectre du domaine visible est délimité par les longueurs d'onde :

- 400 nm pour le violet
- 800 nm pour le rouge

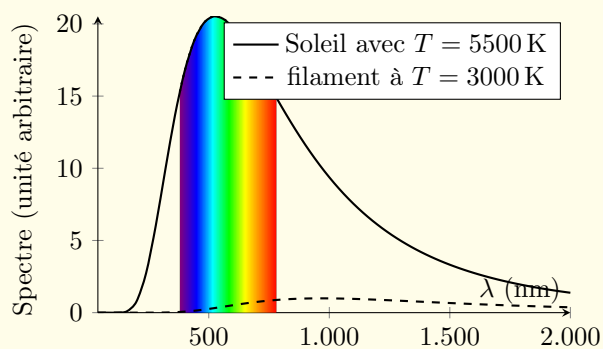
Les sources lumineuses sont caractérisées par le spectre d'émission de la lumière émise. On appelle source **primaire** les sources qui émettent elles-mêmes la lumière, et les sources **secondaires** qui réfléchissent la lumière reçue.

Aspect qualitatif à comprendre et retenir

Il existe deux types de sources :

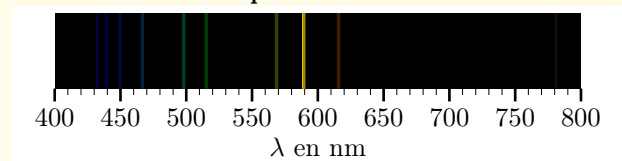
- à spectre continu : Toutes les longueurs d'ondes sont émises (Lampe à incandescence, Soleil)

Spectres théoriques du rayonnement corps noir

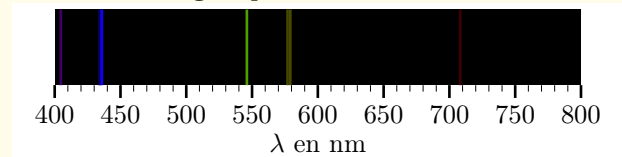


- à spectre discret : Seules certaines longueurs d'ondes sont émises (lampes spectrales, LASER, LED)

Na – spectre d'émission



Hg – spectre d'émission



Le spectre d'émission des sources secondaires dépend à la fois du spectre de la lumière reçue par l'objet, mais aussi des propriétés d'absorption de l'objet.

Résultat ou définition à connaître par cœur

On définit le modèle de la **source ponctuelle monochromatique**. C'est un point source qui émet de la lumière dans toutes les directions dont le spectre est caractérisé par une unique longueur d'onde. On rappelle que pour une onde de fréquence f , de longueur d'onde λ on a la relation :

$$v = f\lambda$$

où v est la célérité de l'onde dans le milieu.

2 Modèle de l'optique géométrique

Dans un milieu transparent, la vitesse de propagation des ondes lumineuses est différente de celle du vide qu'on note c .

Résultat ou définition à connaître par cœur

On définit l'**indice optique** n d'un milieu où la lumière se propage à la vitesse v :

$$n = \frac{c}{v} \geq 1$$

avec $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ la célérité de la lumière dans le vide dont la valeur est à retenir.

Lorsque l'indice optique dépend de la longueur d'onde, on dit que le milieu est **dispersif** (la vitesse dépend de la «couleur»), sinon le milieu est **non-dispersif**.

Ordre de grandeur à retenir

Indices optiques dans quelques milieux :

Milieu	Vide	Air	Eau	Verre
n	1	$\simeq 1$	$\simeq 1,33$	$\simeq 1,5$

Remarque importante : Lorsqu'une onde change de milieu, elle garde la même fréquence temporelle f mais sa longueur d'onde change. Imaginez que vous faites vibrer une corde toujours à même fréquence, lorsque la vitesse de l'onde ralentit sa longueur d'onde augmente.

Démonstration à savoir refaire

On peut alors exprimer la longueur d'onde λ dans un milieu d'indice n en fonction de la longueur d'onde dans le vide qu'on note λ_0 .

Application : Calculer la longueur d'onde dans l'eau d'un laser rouge.

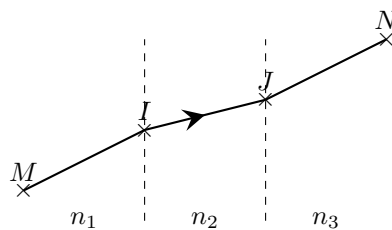
Aspect qualitatif à comprendre et retenir

Dans le cadre de l'optique géométrique on définit le **rayon lumineux** comme une ligne qui suit le trajet de l'onde lumineuse. Une source lumineuse ponctuelle émet des rayons dans toutes les directions.

Dans un milieu homogène, l'indice optique est constant, les rayons lumineux ont les propriétés suivantes :

- indépendance : pas d'interactions entre les rayons.
- propagation rectiligne ;
- principe du retour inverse : le trajet pour aller d'un point A à un point B est le même que pour aller de B vers A .

Dans une suite de milieu homogènes. Le trajet d'un rayon lumineux sera formé d'une succession de segment de droite.



Aspect qualitatif à comprendre et retenir

Limites du modèle : L'indépendance des rayons lumineux est valable à condition de ne pas voir de phénomène de diffraction ou d'interférence. On peut donc utiliser le cadre de l'optique géométrique pour étudier des objets dont la taille est grande devant la longueur d'onde.

2 Les lois de Snell-Descartes

1 L'énoncé

Vocabulaire à maîtriser :

- La séparation entre deux milieux d'indices différents est appelée **dioptre**.
- Lorsqu'un rayon rencontre un dioptre, le rayon est appelé **rayon incident**, le point d'intersection entre le dioptre et le rayon incident est appelé **point d'incidence**. On désigne alors le **plan d'incidence** comme le plan qui contient le point d'incidence, le rayon incident et la normale au dioptre.
- Une partie du rayon traverse le dioptre et passe alors dans l'autre milieu, on l'appelle **rayon réfracté**.
- Une partie du rayon est réfléchi, il reste dans le milieu d'origine, on l'appelle **rayon réfléchi**.
- On définit les angles d'incidence, de réflexion et de réfraction entre la normale et les rayons.

Résultat ou définition à connaître par cœur

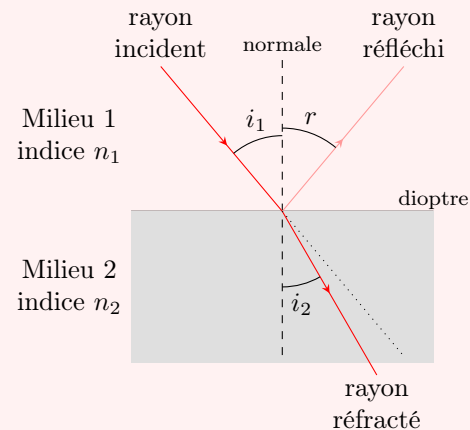
Lois de Snell-Descartes :

- **Première loi** : Les rayons réfléchis et réfractés sont situés dans le plan d'incidence.
- **Deuxième loi** : le rayon réfléchi est symétrique du rayon incident par rapport à la normale.

$$i_1 = r$$

- **Troisième loi** : L'angle réfracté et l'angle d'incidence sont liés

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$



Remarque importante : Les notations sont liées au schéma ! Dans les exercices on peut noter les angles différemment, il faut apprendre à différencier et repérer les angles nommés dans un énoncé et adapter les formules.

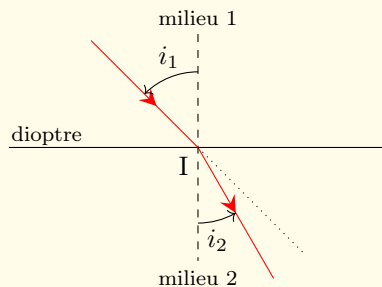
Application : En utilisant les indices optiques précédents, calculer l'angle de réfraction pour une incidence de 40° pour des interfaces air/verre, verre/air, air/eau et eau/air. Tracer la situation dans chaque cas.

2 Conséquences

Lors du passage d'un rayon par un dioptré, celui-ci est dévié de sa direction. On cherche à savoir dans quel sens sa déviation va avoir lieu.

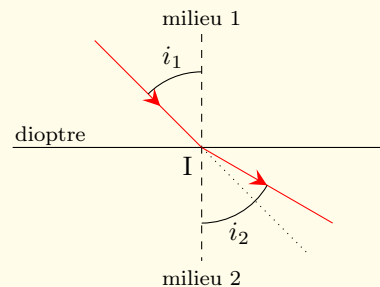
Aspect qualitatif à comprendre et retenir

Soit on a la situation où $n_2 > n_1$ dans ce cas on dit que le milieu 2 est plus réfringent que le milieu 1.



Conséquence : le rayon réfracté se rapproche de la normale.

Soit on a la situation où $n_2 < n_1$ dans ce cas on dit que le milieu 2 est moins réfringent que le milieu 1.



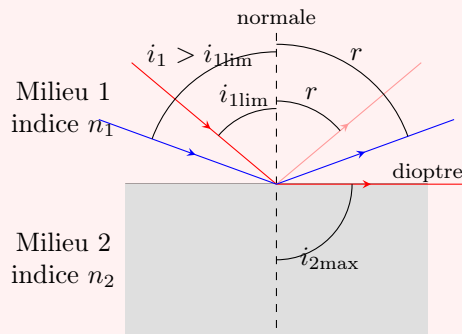
Conséquence : le rayon réfracté s'écarte de la normale.

Application directe : Un faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 550 \text{ nm}$ passe de l'air à une prisme en verre d'indice $n_2 = 1,50$. L'angle d'incidence vaut $i_1 = 30^\circ$.

- Q.1** Faire un schéma légendé dans le plan d'incidence en précisant si le rayon réfracté se rapproche ou s'écarte de la normale.
- Q.2** Calculer l'angle de réfraction i_2 .
- Q.3** On remplace le verre par un bloc de diamant. L'angle de réfraction vaut alors $i'_2 = 12^\circ$. Calculer l'indice de réfraction du diamant.

Résultat ou définition à connaître par cœur

On appelle **angle limite**, l'angle d'incidence qu'on note i_{lim} pour lequel l'angle réfracté $i_2 = i_{2\text{max}} = \frac{\pi}{2}$.



On appelle **réflexion totale** lorsque $i_1 > i_{1\text{lim}}$, on a la disparition du phénomène de réfraction l'énergie lumineuse est entièrement réfléchi.

Démonstration à savoir refaire

Exprimons l'angle limite de réfraction :

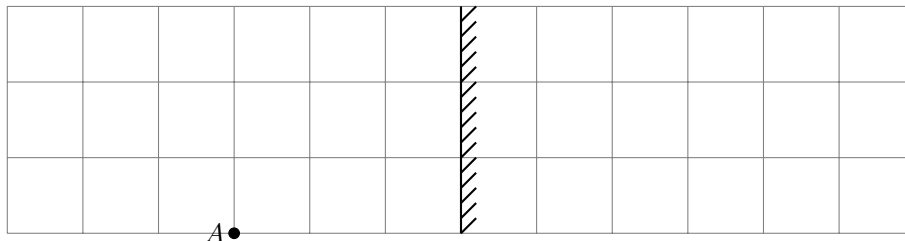
Application : Calculer l'angle de réfraction limite pour les interfaces air/eau, air/verre et eau/- verre.

3 Le miroir plan

On définit un miroir comme une surface entièrement réfléchissante. On suppose alors qu'on a pas de rayon réfracté.

1 Source ponctuelle

On considère une source ponctuelle A et on trace le trajet d'au moins deux rayons :



2 Notion d'image

On remarque que le faisceau de rayon après réflexion est divergent. Si l'on place notre œil face au miroir, celui-ci va «positionner» l'image à l'intersection de ces rayons. Comme cette intersection n'existe pas, on prolonge les rayons en pointillé et l'image A' est alors virtuelle.

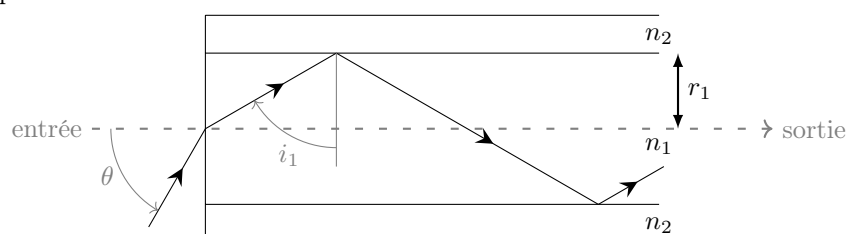
Aspect qualitatif à comprendre et retenir

L'image d'un point à travers un miroir est virtuelle, elle est le symétrique de ce point par rapport au miroir.

4 La fibre optique

1 Présentation

La fibre à saut d'indice est constituée d'une cœur cylindrique transparent de rayon r_1 et d'indice n_1 entouré par une gaine coaxiale également transparente, de rayon r_2 et d'indice n_2 . Le but de la fibre optique est de guider les rayons lumineux tout en minimisant les pertes.



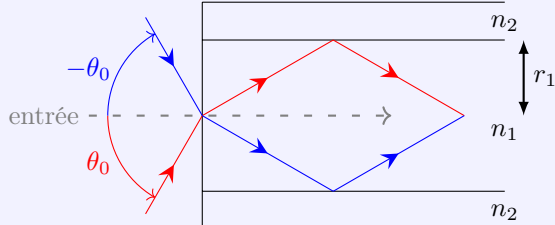
Pour une utilisation optimale

- il faut que les rayons à l'entrée de la fibre soient inclus dans un **cône d'acceptance** ;
- la **dispersion intermodale** ne brouille pas le signal.

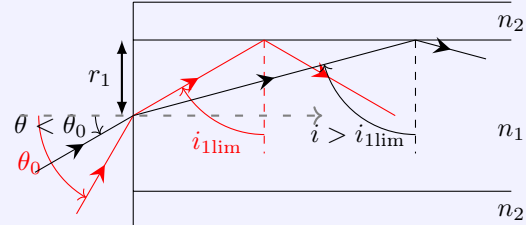
2 Cône d'acceptance

Démonstration à savoir refaire

Le cône d'acceptance est caractérisé par le demi-angle θ_0 au sommet tel que tous les rayons qui sont contenu dans ce cône traverse la fibre sans perte.



Condition de propagation :



3 Dispersion intermodale

Démonstration à savoir refaire

La dispersion intermodale d'une fibre à saut d'indice est définie par la différence de temps de parcours de la fibre entre le rayon le plus lent et le rayon le plus rapide : $\Delta t = t_{\max} - t_{\min}$

Chapitre 2 : Lentilles minces

Notions et contenus	Capacités exigibles (en gras les capacités expérimentales)
1.1. Formation des images	
Conditions de l'approximation de Gauss. Stigmatisme.	Énoncer les conditions de l'approximation de Gauss et ses conséquences. Relier le stigmatisme approché aux caractéristiques d'un détecteur.
Lentilles minces dans l'approximation de Gauss.	Définir les propriétés du centre optique, des foyers principaux et secondaires, de la distance focale, de la vergence. Construire l'image d'un objet situé à distance finie ou infinie à l'aide de rayons lumineux, identifier sa nature réelle ou virtuelle. Exploiter les formules de conjugaison et de grandissement transversal de Descartes et de Newton. Établir et utiliser la condition de formation de l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente.

Plan du chapitre

1	Formation d'une image	9
1	Définitions	9
2	Stigmatisme et conditions de Gauss	9
2	Les lentilles minces	10
1	Propriétés	10
2	Constructions graphiques	11
3	Relations de conjugaisons	14

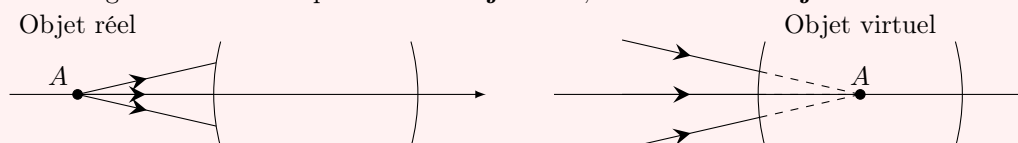
1 Formation d'une image

1 Définitions

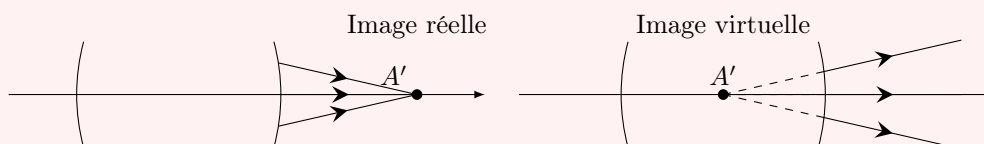
Résultat ou définition à connaître par cœur

On appelle **système optique** un dispositif qui permet de modifier le trajet des rayons lumineux. Lorsque celui-ci possède un axe de révolution il est dit **centré**, l'axe de révolution est alors appelé **axe optique**, orienté dans le sens de la marche des rayons.

Une source ponctuelle placée devant un système optique est appelé **objet**. Si les rayons qui entrent dans le système optique sont divergent alors on dit que c'est un **objet réel**, sinon c'est un **objet virtuel**.



Les rayons émis par l'objet qui sont dévié à travers le système optique émergent en se rencontrant en un point appelé **image**. Si le faisceau de rayons émergent est convergent alors on dit que c'est une **image réelle**, sinon c'est une **image virtuelle**.

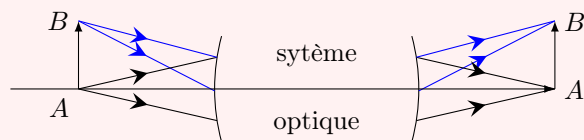


2 Stigmatisme et conditions de Gauss

Résultat ou définition à connaître par cœur

On qualifie un système optique de **stigmatique** si pour un point objet A , l'ensemble des rayons traversant le système optique concourent en un unique point image A' . On dit alors que A et A' sont **conjugués** par le système optique.

On qualifie un système optique d'**aplanétique** si pour un objet étendu AB orthogonal à l'axe optique le système optique produit une image $A'B'$ orthogonale à l'axe optique.



Le miroir plan est le seul système optique rigoureusement stigmatique et aplanétique.

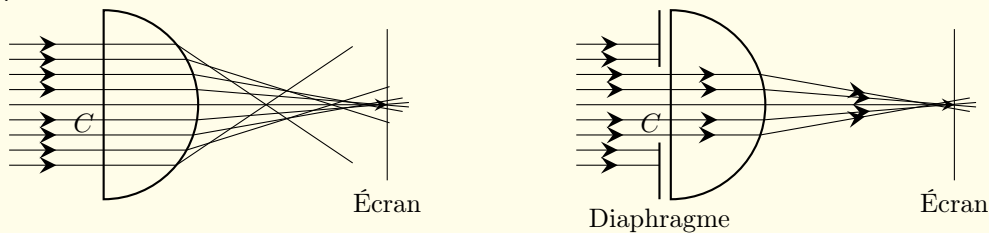
Pour les autres systèmes optiques, on se place dans les **conditions de Gauss** :

- Les rayons sont proches de l'axe optique ;
- L'angle entre les rayons et l'axe optique est faible.

Dans ces conditions on parle de rayons paraxiaux. Si un système optique est utilisé dans les conditions de Gauss, il peut être considéré comme stigmatique et aplanétique.

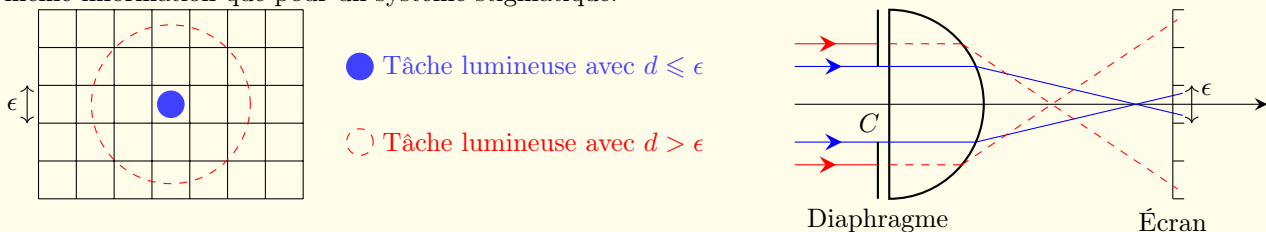
Aspect qualitatif à comprendre et retenir

En pratique les systèmes ne sont jamais parfaitement stigmatiques et aplanétiques. Si on prend l'exemple d'une lentille demi-boule éclairée par un faisceau de rayons parallèles provenant d'un objet ponctuel situé à l'infini sur l'axe optique :



On voit que les rayons ne convergent pas tous sur un unique point. Le système n'est donc pas stigmatique et chaque point objet formera donc sur un écran une tâche lumineuse.

Plus les conditions de Gauss sont respectées, et plus la tâche lumineuse sur le récepteur sera petite. Tous les récepteurs sont composés de cellules élémentaires photo-sensibles qu'on considérera carré de taille ϵ . Les conditions de Gauss sont respectées si la tâche lumineuse sur le récepteur a un diamètre $d \leq \epsilon$, dans ce cas le récepteur obtient la même information que pour un système stigmatique.



2 Les lentilles minces

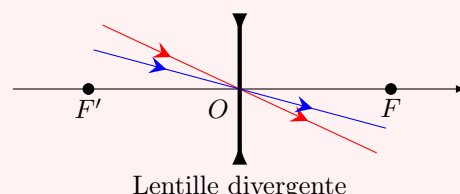
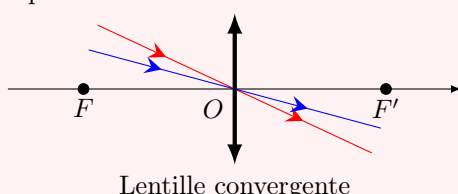
1 Propriétés

Résultat ou définition à connaître par cœur

On appelle **lentille mince** un système optique composé d'un milieu transparent séparé par deux dioptries sphériques dont les rayons de courbures sont grands devant l'épaisseur de la lentille. On distingue les **lentilles convergentes** à bords minces des **lentilles divergentes** à bords épais.

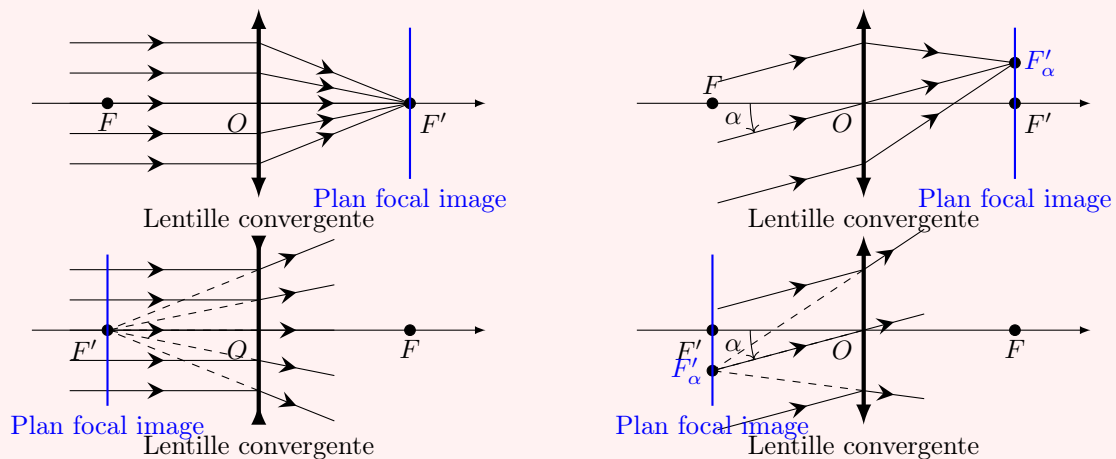
On modélise une lentille par :

- **Centre optique** O : Les rayons qui passent par le point O ressortent avec le même angle par rapport à l'axe optique.

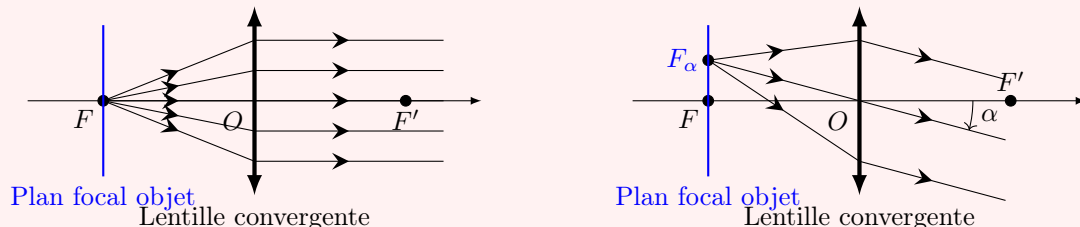


- **Foyer image** F' : La position de l'image à travers (S) d'un objet situé sur l'axe optique à l'infini (faisceau de rayons parallèles à l'axe optique). Le plan orthogonal à l'axe passant par F' est appelé **plan focal image**. Par application de l'aplanétisme on définit alors les **foyer secondaire image** F'_α situé dans le plan focal

image, position de l'image d'un point situé à l'infini avec un faisceau de rayon parallèle à l'axe optique d'un angle α .



- **Foyer objet F** : La position de l'objet situé sur l'axe optique qui donne une image à travers (S) située sur l'axe optique à l'infini (faisceau de rayons parallèle à l'axe optique). Le plan orthogonal à l'axe passant par F est appelé **plan focal objet**. Par application de l'aplanétisme on définit alors les **foyer secondaire objet F_α** situé dans le plan focal objet, position de l'objet d'un point qui donne une image à travers (S) située à l'infini avec un faisceau de rayon parallèle à l'axe optique d'un angle α .



Résultat ou définition à connaître par cœur

On définit également la **distance focale image** d'une lentille $f' = \overline{OF'}$ et la **distance focale objet** d'une lentille $f = \overline{OF}$ avec $f = -f'$.

On définit la **vergence** comme l'inverse de la distance focale image, elle s'exprime en dioptrie notée δ homogène à l'inverse d'une longueur.

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

Par définition on a :

- $f' > 0$ et $V > 0$ pour une lentille convergente ;
- $f' < 0$ et $V < 0$ pour une lentille divergente ;

On utilise rarement la distance focale objet, par abus de langage on parle de distance focale pour désigner la distance focale image f' .

2 Constructions graphiques

Méthode à savoir appliquer et adapter

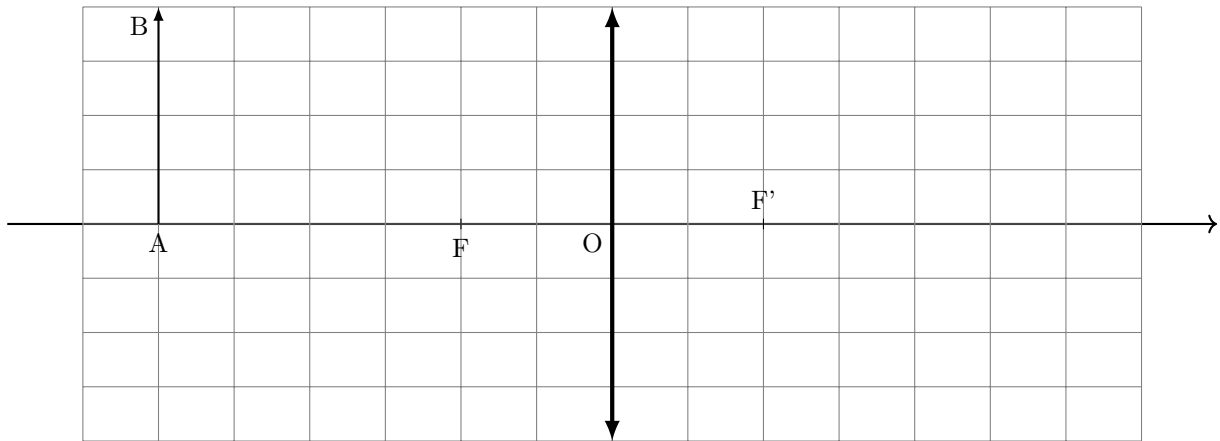
Construction graphique des images : Pour obtenir l'image $A'B'$ d'un objet AB à travers une lentille (convergente ou divergente), on utilise trois rayons :

- Un rayon incident passant par B et O qui donne un rayon émergent passant par O et B' parallèle au rayon incident (pas dévié) ;
- Un rayon incident passant par B et parallèle à l'axe optique qui donne un rayon émergent passant par F' et B' ;
- Un rayon incident passant par B et F qui donne un rayon émergent passant par B' et parallèle à l'axe optique.

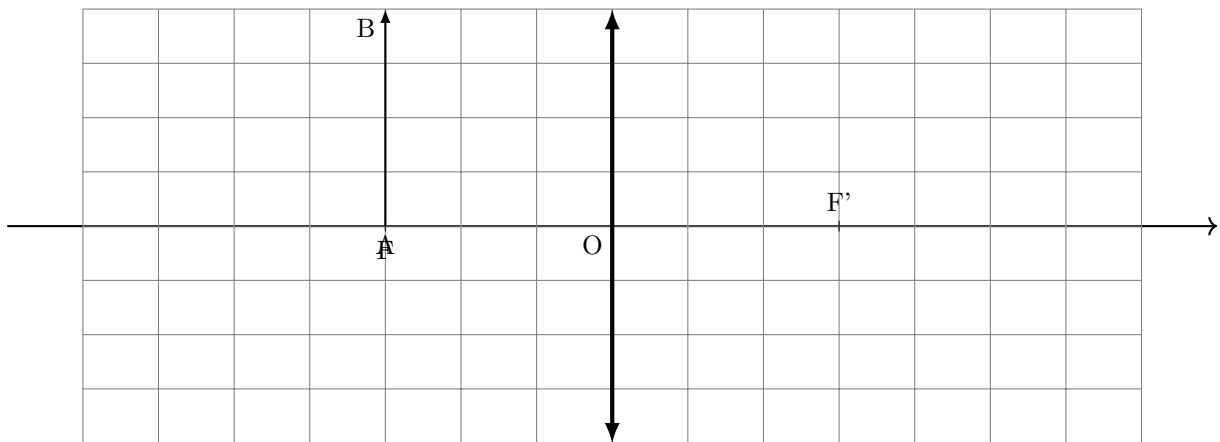
Deux rayons suffisent pour tracer B' , mais une infinité de rayons sont émis par B pour former l'image B' . A' est la projection de B' sur l'axe optique car le système est aplanétique.

Application : Lentilles convergentes, construire l'image des objets AB et donner la nature des images.

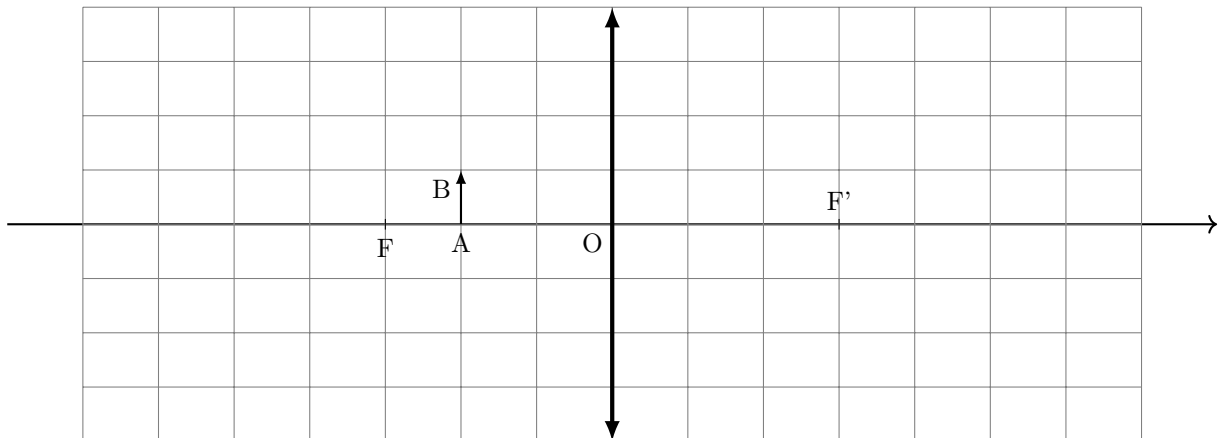
1. Objet réel situé avant le plan focal objet.



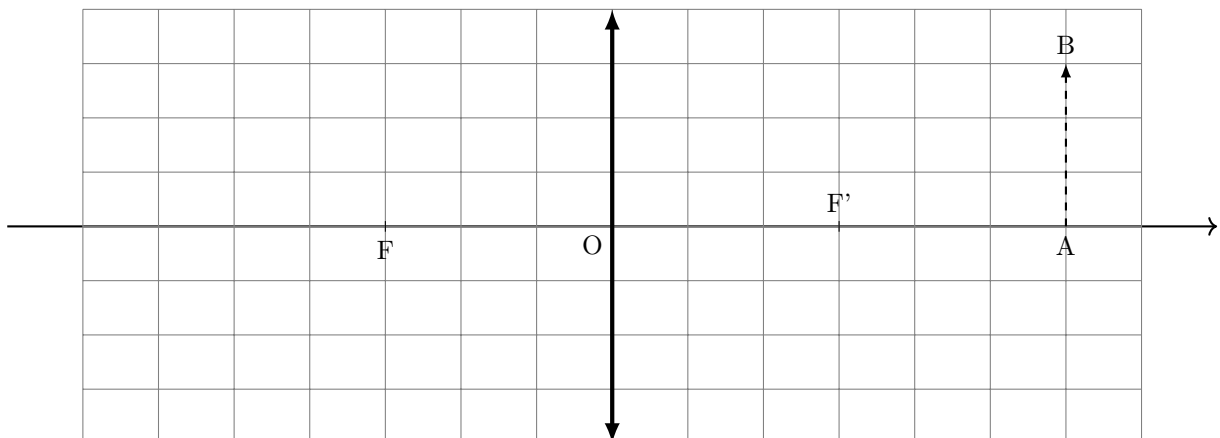
2. Objet réel situé dans le plan focal objet.



3. Objet réel situé entre le plan focal objet et la lentille.

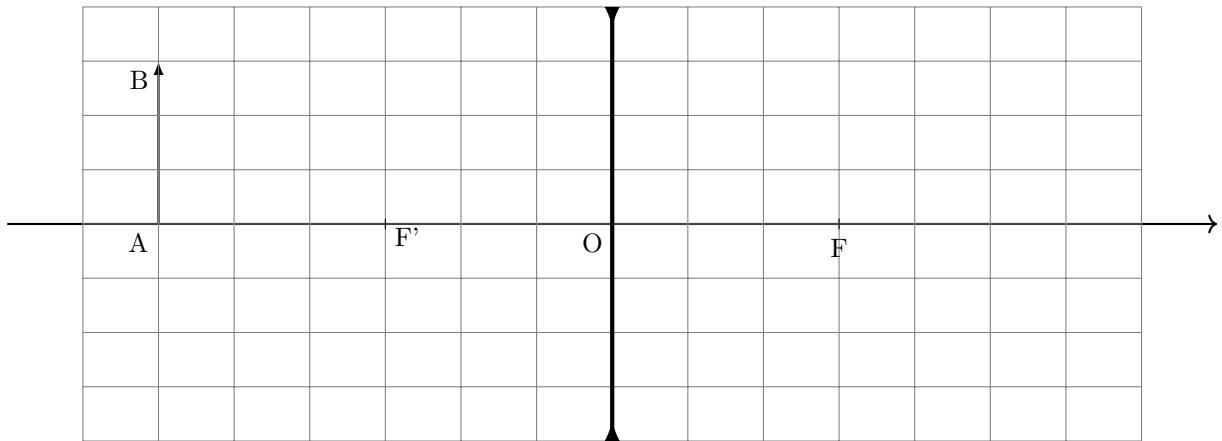


4. Objet virtuel.

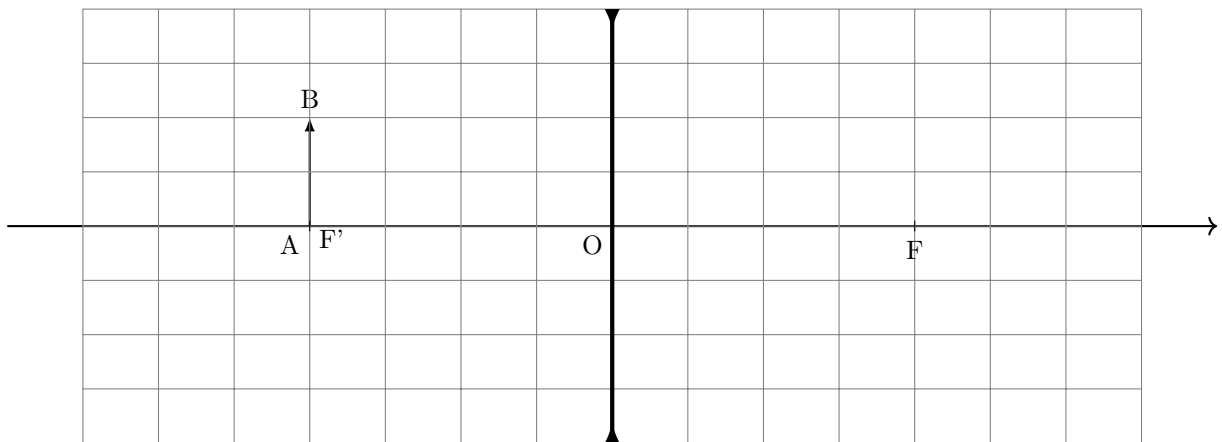


Application : Lentilles divergentes, construire l'image des objets AB et donner la nature des images.

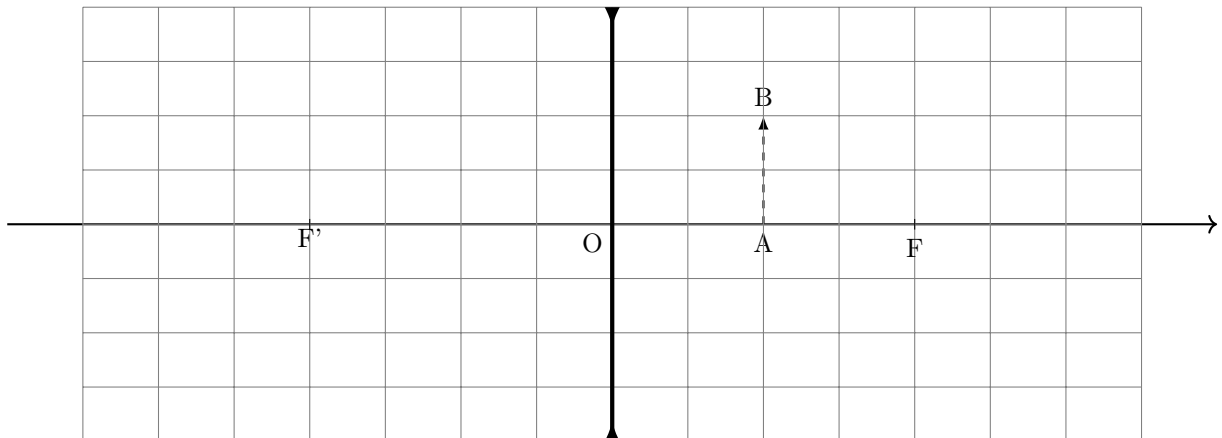
1. Objet réel.



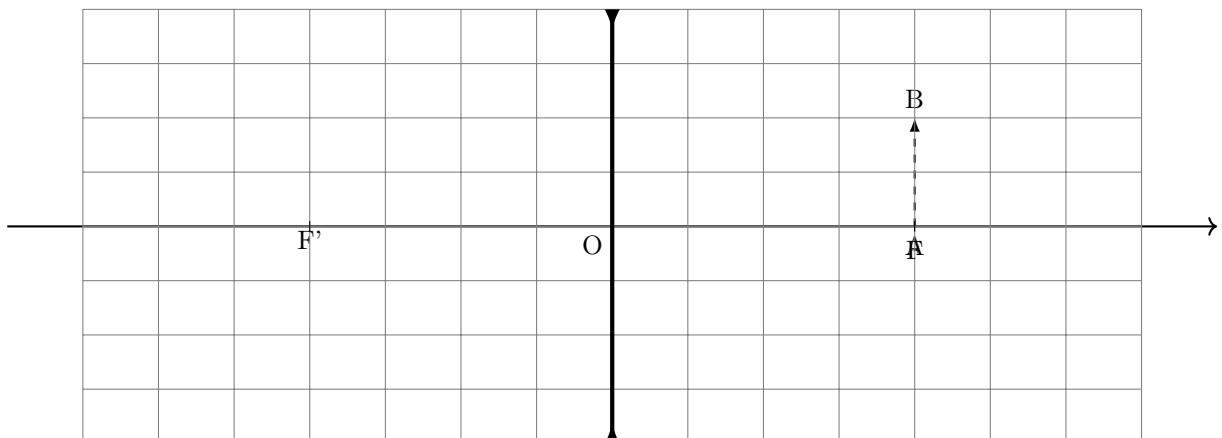
2. Objet réel situé dans le plan focal image.



3. Objet virtuel situé entre la lentille et le plan focal objet.



4. Objet virtuel dans le plan focal objet.



3 Relations de conjugaisons

Résultat ou définition à connaître par cœur

Pour un objet étendu AB on appelle **grandissement** le rapport de la mesure algébrique $\overline{A'B'}$ de l'image par la mesure algébrique $\overline{AB}$ de l'objet :

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

Si $|\gamma| > 1$ l'image est agrandie, si $\gamma > 0$ l'image est droite.

Résultat ou définition à connaître par cœur

Relations de conjugaison :

$$\text{Grandissement : } \gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{FO}}{\overline{FA}} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}}$$

$$\text{Formule de Newton : } \overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = -f'^2 = -f^2$$

$$\text{Formule de Descartes : } \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

Application : Une loupe est constituée d'une lentille convergente de focale $f' = 5$ cm. On observe un objet étendu de 1 cm situé à 3 cm.

1. Faire une construction à l'échelle. Déterminer graphiquement la position de l'image, sa taille et sa nature.
2. Retrouver sa position par deux calculs distincts avec les deux relations de conjugaison.
3. Retrouver le grandissement par le dessin et par le calcul.

Aspect qualitatif à comprendre et retenir

L'œil ne peut observer directement qu'une image réelle lorsque celle-ci est projetée sur un écran, c'est-à-dire qu'un écran est à la position de l'image réelle.

On verra dans le prochain chapitre le fonctionnement de l'œil et comment utiliser des instruments pour observer des images qui pourront être situées à l'infini ou de nature virtuelle.

Résultat ou définition à connaître par cœur

Condition de projection : On considère un objet AB dont on veut projeter l'image réelle $A'B'$ à travers une lentille de distance focale f' sur un écran situé à une distance D de AB . La projection est possible si :

$$D \geq 4f'$$

Démonstration à savoir refaire

Condition de projection :

Chapitre 3 : Systèmes optiques

Notions et contenus	Capacités exigibles (en gras les capacités expérimentales)
1.1. Formation des images	
Modèles de quelques dispositifs optiques L'œil. Punctum proximum, punctum remotum.	Modéliser l'œil comme l'association d'une lentille de vergence variable et d'un capteur plan fixe. Citer les ordres de grandeur de la limite de résolution angulaire et de la plage d'accommodation.
L'appareil photographique.	Modéliser l'appareil photographique comme l'association d'une lentille et d'un capteur. Construire géométriquement la profondeur de champ pour un réglage donné. Étudier l'influence de la focale, de la durée d'exposition, du diaphragme sur la formation de l'image.

Plan du chapitre

1	L'œil	15
1	Modélisation	15
2	Fonctionnement	16
2	L'appareil photo	17
1	Modélisation	17
2	Profondeur de champ	17
3	Systèmes à deux lentilles	18
1	Instrument afocal	18
2	Lentilles accolées	18

1 L'œil

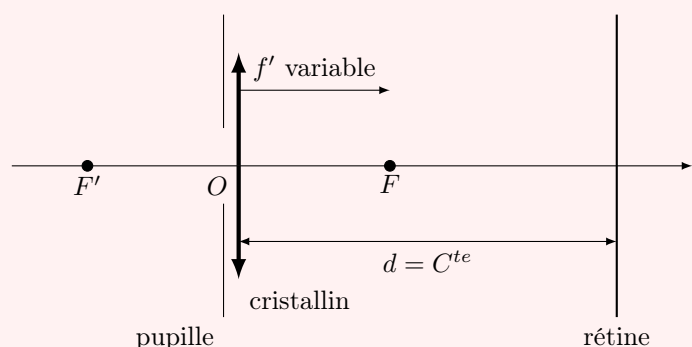
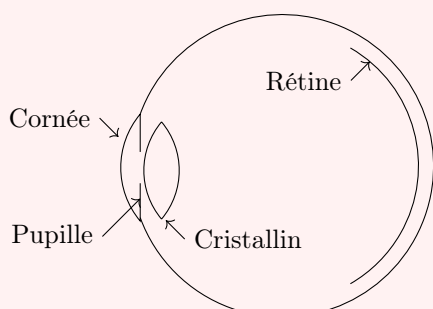
1 Modélisation

Résultat ou définition à connaître par cœur

L'œil est composé de différentes parties :

- L'iris composé d'une pupille dont le diamètre est variable (de 2 mm à 8 mm) $\iff$ diaphragme ;
- Le cristallin est assimilable à une lentille convergente de distance focale image variable ;
- La rétine est constituée de cellules sensible à la lumière (cônes et bâtonnets) $\iff$ Ecran.

On modélise l'œil par une lentille mince convergente variable formant une image sur un écran fixe :



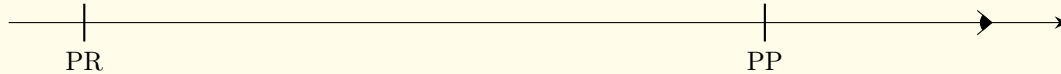
2 Fonctionnement

Aspect qualitatif à comprendre et retenir

Le cristallin est une lentille convergente de vergence variable qui se déforme pour former l'image de l'objet observé sur la rétine. C'est l'**accommodation**.

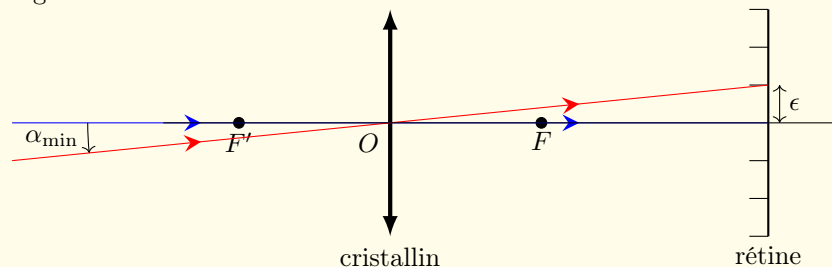
On définit la **plage d'accommodation** comme la zone de l'espace où l'œil peut accommoder pour former une image nette. Elle se situe entre :

- Le **punctum remotum** (PR) le point le plus loin que l'on peut voir net, on dit que l'œil est **au repos** ($f' = f'_{max}$);
- Le **punctum proximum** (PP) le point le plus proche que l'on peut voir net en accommodant ($f' = f'_{min}$).



Aspect qualitatif à comprendre et retenir

On définit la **limite de résolution angulaire** comme l'angle minimum entre deux rayons issus de deux objets pour pouvoir les distinguer sur la rétine.



La rétine est composée de cellules qui permettent de détecter l'intensité lumineuse ainsi que la couleur. Ces cellules possèdent une taille caractéristique qu'on nomme ϵ . Si deux images se forment sur la même cellule, elles se superposent, donc pour distinguer deux images il faut qu'elles se forment sur deux cellules différentes et qu'elles soient distantes de ϵ au minimum et donc les rayons arrivant dans l'œil doivent arriver avec un angle minimum entre eux. Ceci constitue la limite de résolution angulaire.

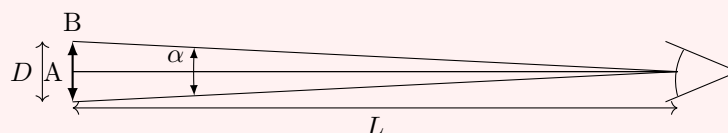
Ordre de grandeur à retenir

Pour un **œil sans défaut** :

- le PR est situé à l'infini $\Rightarrow$ le foyer image du cristallin est situé sur la rétine.
- le PP est à environ 25 cm.
- le pouvoir de résolution $\alpha_0 \simeq 3 \times 10^{-4}$ rad.

Résultat ou définition à connaître par cœur

On appelle **hauteur apparente** (ou **diamètre apparent**, etc.) d'un objet observé à l'œil l'angle formé par les rayons issus de ses deux extrémités.



Résultat ou définition à connaître par cœur

[Le grossissement] On définit le grossissement G comme :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

avec α' le diamètre apparent de l'image vu par l'œil à travers un instrument d'optique, et α le diamètre apparent de l'objet vu directement par l'œil.

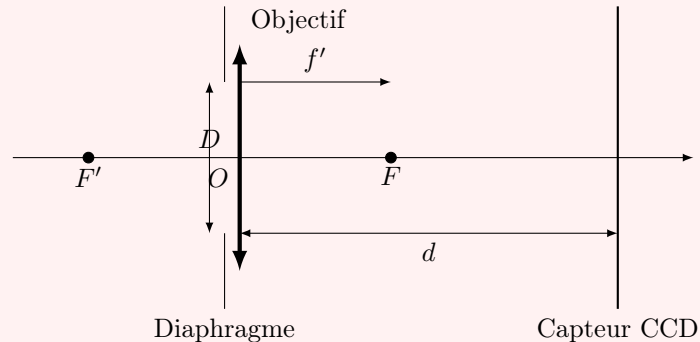
2 L'appareil photo

1 Modélisation

Résultat ou définition à connaître par cœur

[Modélisation] Un **appareil photo** est constitué :

- D'un objectif, modélisé par une lentille convergente de distance focale f' ;
- D'un diaphragme, ouverture de forme circulaire de diamètre D réglable situé juste devant la lentille ;
- D'un capteur CCD modélisé par un écran situé à une distance d réglable de la lentille.



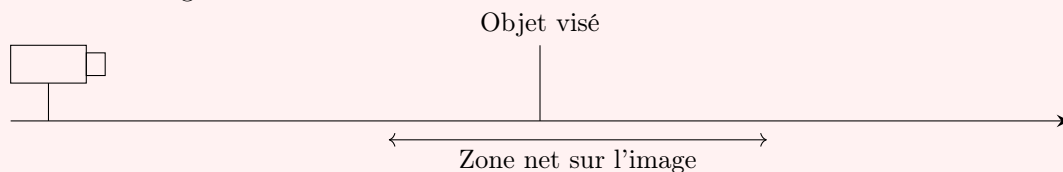
On appelle **mise au point** le fait de placer le capteur à la position de l'image tel que $\overline{OA'} = d$

Application : Pour un appareil photo avec un objectif de focale f' , préciser où placer le capteur pour photographier un objet situé à l'infini.

2 Profondeur de champ

Résultat ou définition à connaître par cœur

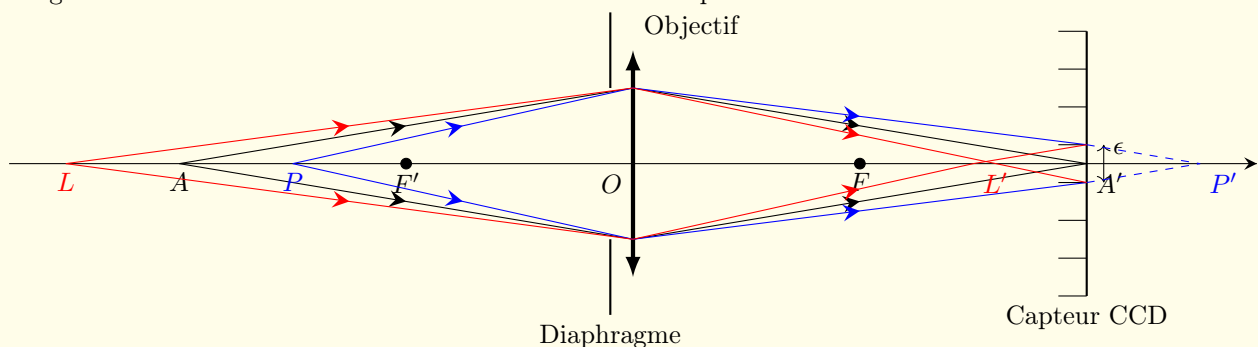
On appelle **profondeur de champ** la zone de l'espace de part et d'autre du sujet visé lors de la mise au point qui apparaît net sur l'image.



Aspect qualitatif à comprendre et retenir

Le capteur d'un appareil photo possède des cellules de taille ϵ qui renvoie la même image que l'image formée sur la cellule soit ponctuelle ou sous forme de tâche lumineuse.

On en déduit que pour un réglage donné tel que $d = \overline{OA'}$ pour faire la mise au point d'un point objet A . On peut observer un point P plus proche et un point L plus loin tel que les faisceaux lumineux entrant dans l'objectif et convergeant en P' et L' forment une tâche lumineuse sur le capteur de diamètre inférieur à ϵ .



On peut alors voir net sur l'image renvoyée par le capteur l'ensemble des objets situés entre P et L ce qui constitue la profondeur de champ de l'appareil. Plus le diaphragme est ouvert, plus la profondeur de champ est réduite.

3 Systèmes à deux lentilles

1 Instrument afocal

Résultat ou définition à connaître par cœur

On appelle **système afocal**, un système optique qui possède pas de foyer, ceux-ci sont positionné en l'infini. Les instruments afocaux permettent d'observer des objets situés à l'infini avec un œil normal sans accommoder. Il est constitué :

- d'un objectif $\mathcal{L}_1$ de focale f'_1 qui est la lentille la plus proche de l'objet.
- d'un oculaire $\mathcal{L}_2$ de focale f'_2 qui est la lentille derrière laquelle on vient positionner notre œil.

On note le fonctionnement : $A_\infty B_\infty \longrightarrow A_1 B_1 \longrightarrow A'_\infty B'_\infty$

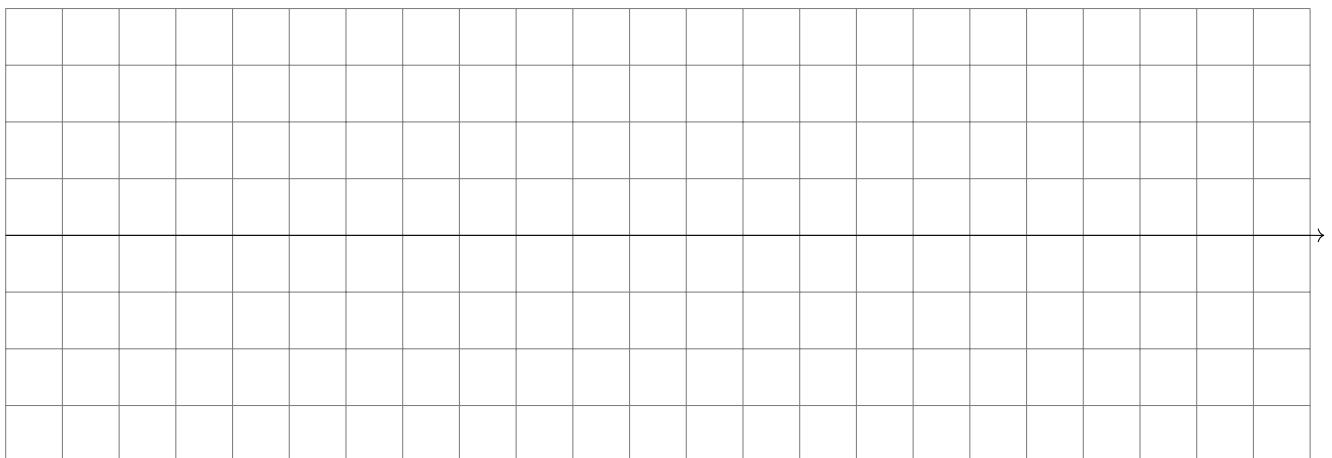
avec $A_\infty B_\infty$ l'objet à l'infini, $A_1 B_1$ qu'on appelle **image intermédiaire** et $A'_\infty B'_\infty$ qu'on appelle **image définitive**, située à l'infini.

Démonstration à savoir refaire

Distance entre les deux lentilles :

Application : La lunette est composée d'une lentille convergente L_1 de distance focale $f'_1 = 60$ cm qui sert d'objectif. Ainsi que d'une lentille divergence L_2 de distance focale $f'_2 = 20$ cm qui sert d'oculaire.

1. Faire un schéma de la lunette et tracer le marche de deux rayons issus d'un objet situé à l'infini à travers la lunette.
Échelle conseillée : 10 cm = 1 carreau
2. Exprimer le grossissement de la lunette en fonction de f'_1 et f'_2 .



2 Lentilles accolées

Application : Montrer que deux lentilles accolées (on suppose que les deux centres sont confondus $O_1 = O_2 = O$) de focale f'_1 et f'_2 sont équivalente à une unique lentille de focale f' à déterminer.