Synthèse Examens physique

Igor et Jean

19 décembre 2021

Table des matières

1 Système internationnal

1.1 Grandeurs fondamentales

On appelle grandeur (physique), toute propriété physique qui peut être mesurée/calculée. On définis une grandeur par un nombre suivit d'une unité.

A partir de 7 grandeurs, on peut décrire toute les autres. Celles-ci sont appelée *grandeurs fondamentales* et sont :

- La Masse (M), décrite dans le SI par des *kilogrammes.*
- La Longeur (L), décrite dans le SI par des *mètres.*
- Le Temps (T), décrite dans le SI par des *secondes.*
- La Température (Θ), décrite dans le SI par des *Kelvins.*
- L'Intensité Électrique (I), décrite dans le SI par des *ampères.*
- L'Intensité Lumineuse (J), décrite dans le SI par des *candelas.*
- La quantité de matière (N), décrite dans le SI par des *moles.*

Les autres grandeurs ne sont qu'une combinaison de ces dernières. La vitesse, par exemple, est une combinaison de la longueur et du temps.

1.2 Dimensions

La dimension caractérise une grandeur. Comme vu ci-dessus (dans le point 1.1), chaque grandeur est faite à partir de grandeurs fondamentales. La dimension définit comment ces grandeurs fondamentales sont agencée pour produire la grandeur dérivée.

La dimension de x se note $[x]$ et est un produit de grandeurs fondamentales élevées chacunes à un nombre particulier.

Ainsi, la vitesse, qui est décrite par une distance sur un temps, à une dimension de

$$[vitesse] = \frac{L}{T} = L \cdot T^{-1}$$

la surface, qui est une longueur multipliée par une longueur, à une dimension de

$$[surface] = L \cdot L = L^2$$

et, en dernier exemple, la force, une masse multiplier par une accelération

$$\begin{aligned}
&[Force] = M \cdot [accelration] \\
&[accelration] = \frac{\frac{L}{T}}{T} = \frac{L}{T} \cdot \frac{1}{T} = \frac{L}{T^2} = L \cdot T^{-2} \\
&[Force] = L \cdot M \cdot T^{-2}
\end{aligned}$$

Voici une liste de quelques grandeurs dérivée de base et leur dimension :

- Fréquence S^{-1}
- Pression $ML^{-1}T^{-2}$
- Travail, énergie, quantité de chaleur ML^2T^{-2}
- Charge électrique IT
- Tension électrique $ML^2T^{-3}I^{-1}$

1.3 Unités

Une unité est un étalon nécessaire à la mesure d'une grandeur physique. Dans le SI, à chaque grandeur fondamentale correspond une unité (cf. liste du point 1.1). Pour trouver les unités des grandeurs dérivée, on prend la dimension de la grandeur et on remplace les facteurs par les unités fondamentales auquels ils sont associés.

Par exemple, l'unité de la vitesse est le m/s, qui est dérivée, selon la dimension de sa grandeur corresondante, des unités unités fondamentales.

1.4 Formules

Pour qu'une formule ai un sens physique, il faut que les deux côtés de l'équation soit de la même dimension/unité.

Une formule prend des grandeurs pertinentes, les associe pour qu'elle corresponde à la dimension de la réponse puis multiplie le tout par une constante (chiffre sans dimension) pour rendre l'équation correcte.

Par exemple la formule

$$volume\ sphere = \frac{4}{3}\pi r^3$$

prend la grandeur du rayon comme entrée. La met au cube pour que les dimensions des deux côtés de l'équations soit identique (la réponse est un volume L^3). Puis, multiplie le tout par la constante $\frac{4}{3}\pi$ qui ajuste/fait concorder les nombres.

Comme dit dans la partie 1.1, une grandeur physique est le facteur d'un nombre et d'une unité. La formule est ainsi divisée en deux partie, l'assemblage des grandeurs qui s'occupent de l'unitée et la constante qui s'occupe du nombre.

2 Interaction lumière-matière

2.1 Introduction

La lumière partage de nombreuses caractéristiques avec les ondes, c'est pourquoi, en optique, on peut se la représenter comme tellle.

Une onde est une oscillation (phénomène qui se repète à interval régulier) qui se propage.

La lumière est caractérisée par sa longueur d'onde et sa fréquence.

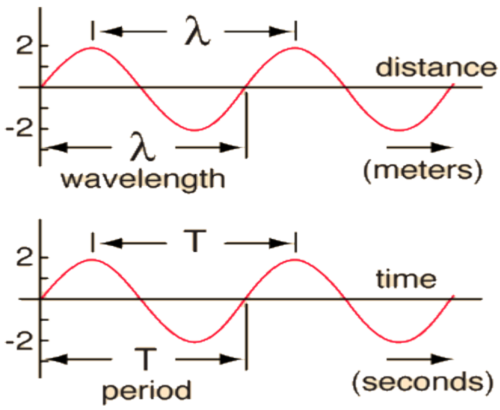

FIGURE 1 – Longueur d'onde et période

La longueur d'onde notée λ est la distance entre deux maximas de l'onde.

La période notée T est le temps en secondes que prend une oscillation.

La fréquence notée ν se calcule en *Hertz* et correspond au nombre d'oscillations qu'il y a en une seconde. Ainsi elle égale à $\frac{1s}{T}$. L'inverse de la période corresondant au nombre de périodes par secondes.

La vitesse c d'une onde se trouve grâce à la formule suivante

$$\lambda \cdot \nu = c \tag{1}$$

Dans le cas de la lumière, la vitesse c est constante, de ce fait, la fréquence et la longueur d'onde sont inversement proportionnelles.

Le rayon lumineux n'est pas une réalité physique mais une outil qui permet de comprendre l'interaction de la lumière avec la matière. Un rayon lumineux est un rayon perpendiculaire aux fronts d'ondes.

Un front d'onde est un ensemble de points qui vibrent de la même façon. Une surface dont les points ont mis le même temps de parcours depuis la source. Des fronts d'ondes identiques sont donc séparés par une longueur d'onde.

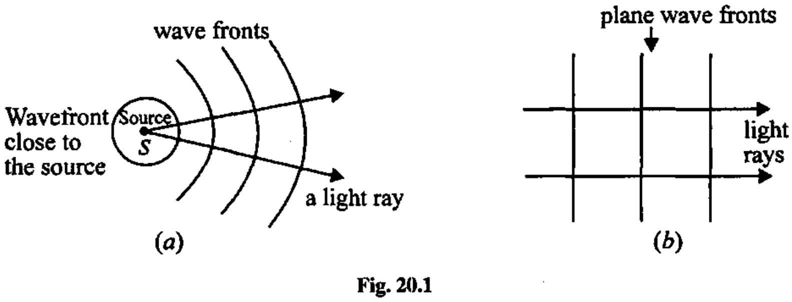

FIGURE 2 – Les fronts d'onde et rayon

Quand la lumière interagit avec de la matière, trois phénomènes vont se produire :

- La diffusion (le rayon se réflechit dans toutes les directions, se diffuse dans l'objet).
- La réflexion.
- La réfraction.

2.2 Réflexion

La réflexion est le brusque rebondissement d'une onde à l'interface de deux milieux.

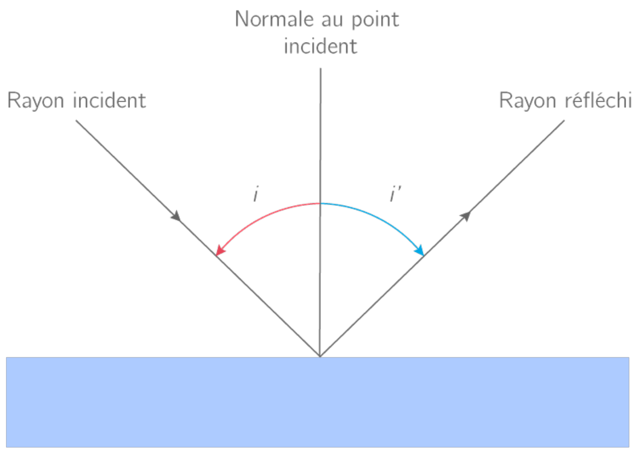

FIGURE 3 – Réflexion d'un rayon sur une surface (en bleu)

La surface dioptrique est l'interface entre le milieu 1 et le milieu 2.

Le dioptre est la surface dioptrique + milieu 1 + milieu 2.

La normale est la perpendiculaire à la surface dioptrique.

θi (i sur la figure 3) est l'angle d'incidence, càd l'angle entre le rayon incident et la normale.

θr est l'angle réfracté. L'angle entre le rayon réfracté et la normale.

La loi de la réflexion indique que :

$$\theta i = \theta r \tag{2}$$

2.3 Réfraction

La refraction est le phénomène de courbure/déviement d'une onde à l'interface de deux milieux à indice de réfraction différent.

La lumière se déplace plus lentement dans la matière. L'indice de réfraction d'un milieu exprime sa capacité à la ralentir et est notée n.

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

Ici, c est la vitesse de la lumière dans le vide (sa vitesse maximum) et v, sa vitesse dans le milieu. L'indice de réfraction indique combien de fois la vitesse du milieu rentre dans la vitesse maximal/du vide. Au plus elle est grande, au plus le milieu est lent et elle ne peut pas être < 1

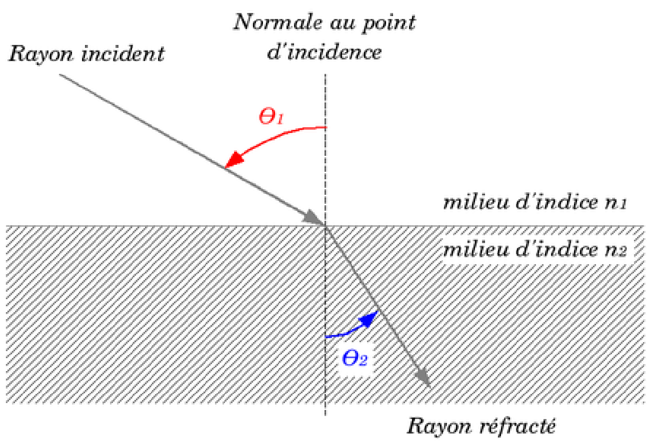

FIGURE 4 – réfraction entre deux milieux

Les règles

$$\frac{\sin\theta i}{\sin\theta r} = \frac{n_2}{n_1} \tag{3}$$

$$n_1 \cdot \sin\theta i = n_2 \cdot \sin\theta r \tag{4}$$

sont deux manières d'exprimer une même relation. Celle-ci indique qu'au plus on passe d'un milieu rapide vers un milieu lent (au plus la différence de vitesse est grande), au plus le rayon va se rapprocher de la normale. Et qu'inversément, au plus on passe d'un milieu lent à rapide, au plus le rayon va s'en éloigner.

Le principe de retour inverse de la lumière, indique que la lumière se propage d'un point à un autre sur des trajectoires telles que la durée du parcours est minimale.

Ainsi, dans un milieu à indice de réfraction homogène, elle va se déplacer en ligne droite. Mais quand ce n'est pas le cas, elle forme un plus grand angle d'incidence dans le milieu rapide et se rapproche de la normale dans le milieu lent, de sorte à parcourir une plus grande distance à distance élevée tout en gardant le meileur compromis sur la distance totale. Le principe est décrit par les équations 3 et 4 déjà vue ci-dessus.

Cette loi et c'est équation, ont par ailleur comme conséquence, que la lumière suit exactement le même chemin l'allé et le retour ; pour passer d'un point A à B que pour passer du point B à A.

On peut illustrer cette loi, par un maitre nageur qui tente de sauver quelqu'un. Si un maitre nageur, étant sur la plage, voit quelqu'un se noyer dans l'eau à sa gauche. Il ne prendra pas le chemin en ligne droite, avec lequel il doit parcourir une grande distance à la nage. Il fera en sorte de parcourir une plus grande distance sur la plage à une vitesse élevée, puis diminuer l'angle par rapport à la personne quand il commence à nager. Ici, la plage est le milieu rapide, la mer le milieu lent et le maitre nageur est le rayon.

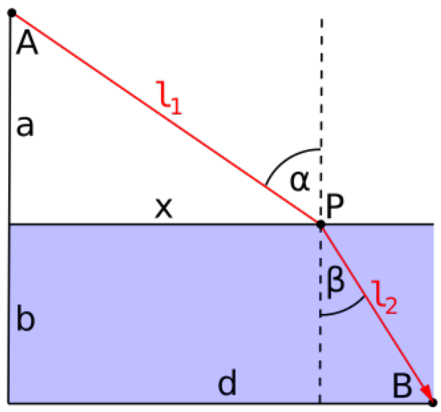

FIGURE 5 – Exemple du principe de retour inverse, par la trajectoire d'un rayon passant entre l'air et l'eau.

Les équations 3 et 4 impliquent aussi que pour une différence d'indice de milieu donnée, il y a un angle d'incidence maximum, au delà duquel les rayon ne savent plus passer du milieu lent à rapide.

Cet angle est appelé θlim. Quand un rayon l'emprunte pour passer du milieu lent à rapide, il est réfracté/s'éloigne de 90° de la normale ; rase la surface dioptrique. Logiquement, si, avec ce θi le θr rase la surface, un rayon avec un θi plus élevé est réfléchi.

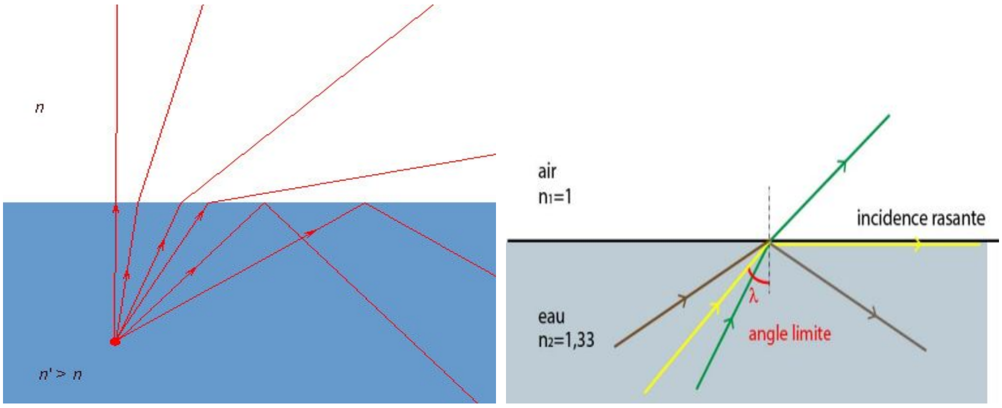

FIGURE 6 – Angle limite

θlim est toujours dans le milieu le plus lent.

Quand on a un $\theta i > \theta lim$, les règles de la reflexion (équation 2) s'appliquent.

On peut déterminer le θlim entre deux milieux avec l'équation 4. En mettant θi à 90° du côté de du milieu rapide, on obtient de l'autre côté le sinus de θlim

On peut tranformer cette équation en :

$$\theta lim = \arcsin n_2/n_1 \tag{5}$$

3 Lentilles

3.1 Théorie

Une lentille est un objet fait d'un matériel transparent pouvant faire converger ou diverger la lumière grâce à ses courbes.

Une lentille convergente peut être représentée comme l'addition de deux cercles, alors qu'une divergente correspond à l'espace entre deux cerlces.

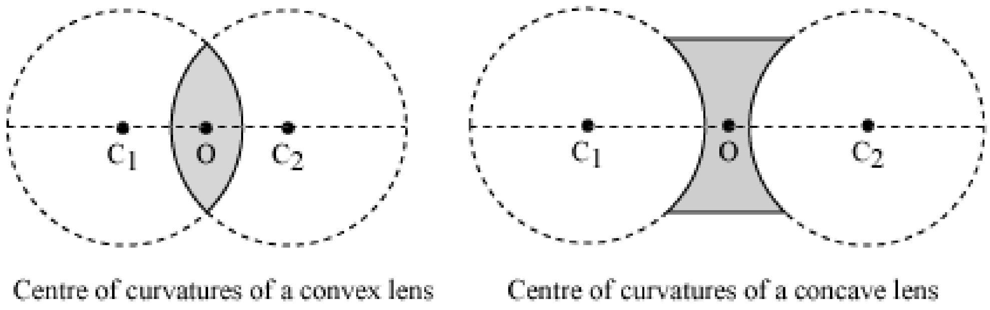

FIGURE 7 – Lentille convergente et divergentes avec leurs centres de courbures

On peut alors décrire une lentille par la position des centres des deux cerles qui la composent. Ceux-ci sont appelé centres de courbures et se notent R_1 pour le rayon de la face d'entrée et R_2 pour la face de sortie, (on peut aussi les noter C_1 et C_2 comme dans l'illustration).

L'axe optique est une droite qui passe par les deux centres de courbures.

Ainsi, dans le cas des lentilles convergentes, $R_1 > 0$ et $R_2 < 0$ tandis que pour les divergentes $R_2 > 0$ et $R_1 < 0$.

Une lentille convergente fais converger tous les rayons issus d'un même endroit/objet en un point. Ce point est appelé l'image (réele).

Une lentille divergente ne produit pas d'image réele, mais une image virtuelle, un point d'où *semble* émaner les rayons.

La position de l'objet est notée p et la position de l'image (virtuelle ou réele) est notée p'. Attention, sur la figure 8 ces notations ne sont pas utilisée.

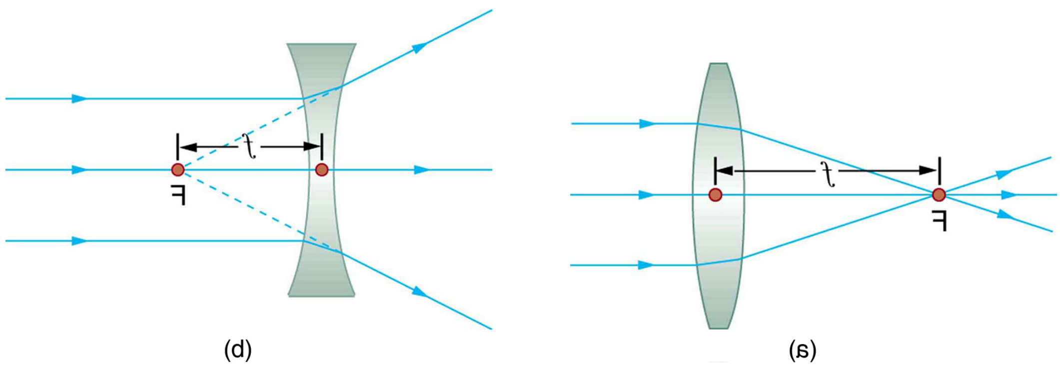

FIGURE 8 – (a) l'image réele d'une lentille convergente. (b) l'image virtuelle d'une lentille divergente.

On appelle aussi image virtuelle une image qui se *serait* formée si les rayons n'avait pas été interrompus.

La distance focale, notée f est la distance qui sépare le centre de la lentille de l'image formée par des rayons parralèles à l'axe ; émit d'un objet infiniment loin. Elle est positive dans le cas des lentilles convergentes et négatives pour les lentilles divergentes.

Le foyer image (F') d'une lentille, est un point sur son axe optique qui correspond à $+f$. C'est l'endroit où se forme l'image de rayons parallèles.

Le foyer objet (F) est un point sur l'axe optique qui correspond à $-f$. Si un rayon passe par lui, il ressortira parrallèle à l'axe.

La distance focale est la principale propriété qui définit le comportement de la lentille. Celle-ci peut être trouvée expérimentalement avec des rayons parrallèles ou avec les équations suivantes :

$$\frac{1}{f} = (n-1)(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}) \tag{6}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p'} - \frac{1}{p} \tag{7}$$

Dans l'équation 6, n représente l'indice de réfraction du matériel de la lentille. Celui-ci, étant toujours > 1, $(n-1)$ est positif. $(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2})$ est positif dans le cas des lentilles convergentes et négatif dans le cas contraitre.

L'équation 7 est plus intéressante car elle nous permet de déterminer l'objet et l'image en fonction de la distance focale. Elle aussi est positive dans le cas des lentilles convergentes (p étant toujours < 0, $-p = +|p|$) et négative dans le cas des lentilles divergentes. Avec ces dernières, p et p' sont négatifs, mais vu que $|p| > |p'|$, $|\frac{1}{p}| < |\frac{1}{p'}|$. Ainsi, $(\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{p'} + |\frac{1}{p}|) < 0$.

Cette équation nous donne la vergence (C), qui est l'inverse de la distance focale :

$$C = \frac{1}{f} \tag{8}$$

La vergence mesure la convergence. Une lentille est d'autant plus convergente que sa distance focale est petite et que sa vergence est grande.

3.2 Construction d'image de lentilles convergentes

On peut construire l'image d'une lentille à partir de sa distance focale grâce à deux propritées que toutes les lentilles ont :

- Un rayon parallèle à l'axe optique converge toujours dans la direction du foyer image et inversément, un rayon ressortant parallèlement est passé

par le foyer objet ; un rayon parallèle est passé/passera par le foyer qui est de l'autre côté de la lentille.
- Un rayon passant par le centre optique n'est pas dévié.

Ainsi, si on a la focale, on peut déjà déterminer le chemin de trois rayons :

— Celui qui part de l'objet, passe par le foyer objet et ressort parallèle.
— Celui qui part de l'objet parralèlement à l'axe et ressort en direction du foyer image.
— celui qui traverse le centre optique et n'est pas devié.

Ainsi, on peut toujours trouver le chemin que prend un rayon passant par le centre optique, et on peut trouver le chemin du rayon parallèle si on connait la focale.

Sachant que l'image d'un objet est l'endroit vers lequel tous les rayons qu'il émet convergent, se croisent, en construisant le chemin de ses deux types de rayons, on peut trouver l'image à leur croisement. De ce fait, on n'a besoin, que du croisement de deux rayons.

Une fois qu'on a l'image, on peut construire n'importe qu'elle rayon en le faisant passer par celle-ci.

exemple :

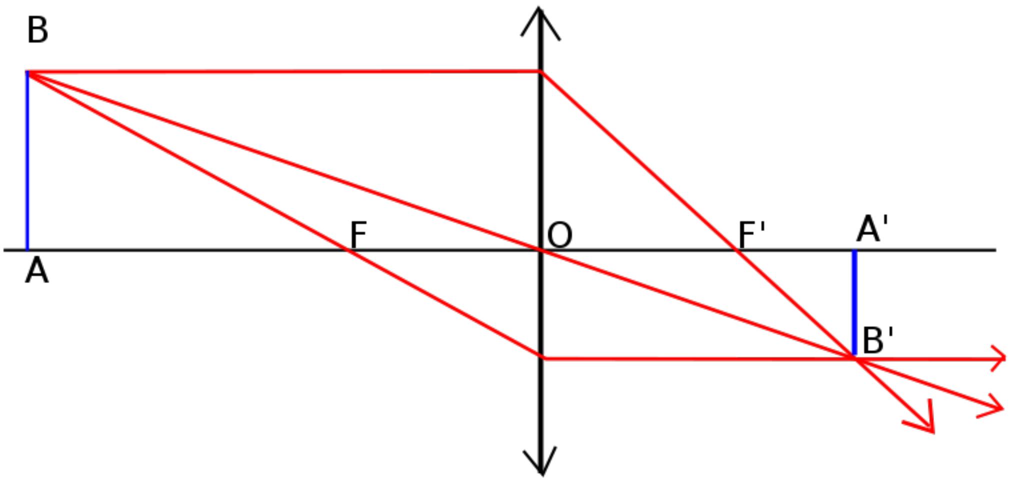

FIGURE 9 – construction de l'image d'une lentille convergente

La distance qu'il y a entre A et B correspond à la taille de l'objet, la distance entre A' et B' correspond à la taille de l'image.

Avec ces notations, l'agrandissement linéaire est de

$$Grandissement = \gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{Taille\ Image}{Taille\ Objet} \tag{9}$$

Pour les images renversée, γ est négatif.

Si l'objet est placé au delà de $-2f$, l'image est plus petite et renversée.

Si l'objet est placé à $-2f$, l'image est aussi grande et renversée.

Si l'objet est placé entre $-2f$ et $-f$, l'image est plus grande et renversée.

Si l'objet est placé sur $-f$, il n'y a pas d'image. Elle se forme à l'infini des deux côtés (virtuelle et réel) et a une taille infinie.

Si l'objet est placé avant $-f$, elle est virtuelle, plus grande et droite.

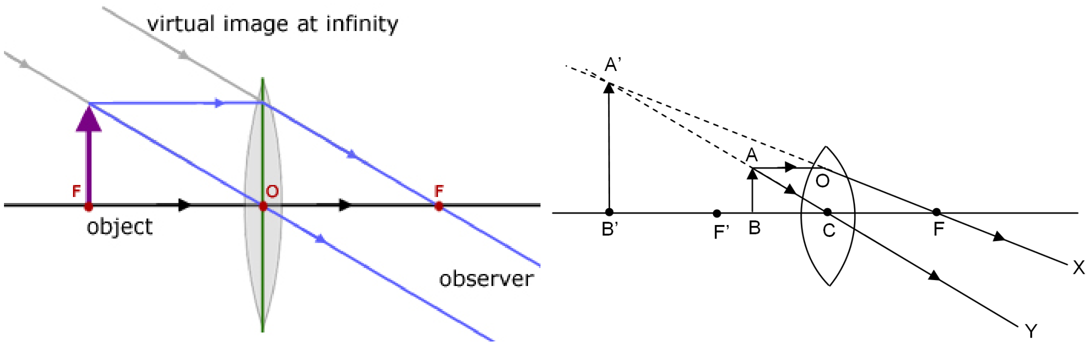

FIGURE 10 – Illustrations des deux derniers cas

3.3 Construction d'image virtuelle de lentilles divergentes

Pour construire l'image virtuelle d'une lentille divergente, suivre la figure 11

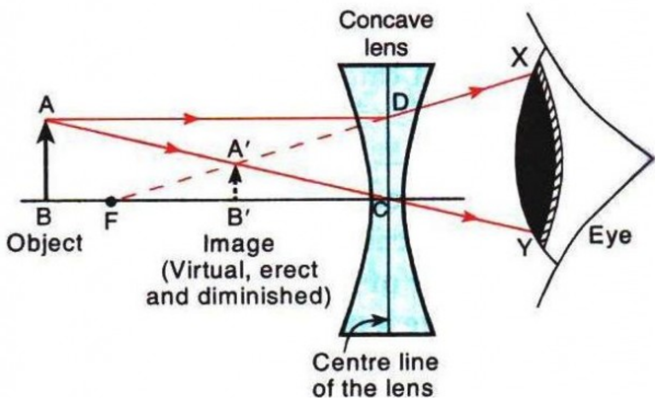

FIGURE 11 – Construction de l'image virtuelle d'une lentille divergente

On pourrait rajouter le troisième rayon, qui part en direction de F' (le foyer de l'autre côté de la lentille qu'on ne voit pas sur l'illustration) et qui est redirigé de sorte d'être parallèle à l'axe optique.

N'importe où l'objet est placé, avec les lentilles divergentes, l'image sera toujours droite, plus petite et virtuelle. Toutefois, au plus on se rapproche de la lentille, au plus l'image sera grande. A $-f$ l'agrandissement est de 0.5, à un hypotéthique $0f$ l'agrandissement serait de 1.

3.4 Composition de lentilles

Quand deux lentilles sont très proches on peut fusionner leurs convergences avec la règle :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \tag{10}$$