

I Conditions de Gauss	2
1.) Stigmatisme approché :	2
2.) Conditions expérimentales	2
II Présentation des lentilles	3
1.) Définition	3
2.) Résultats expérimentaux	3
III Foyers	4
1.) Foyer (principal) image F'	4
2.) Foyer (principal) objet F	6
IV Constructions géométriques	7
1.) Méthode de construction de l'image d'un objet étendu	7
2.) Influence de la position de l'objet	7
a) Lentille convergente	7
V Relations de conjugaison	11
1.) Relation de Newton (avec origine aux foyers)	11
2.) Relation de Descartes (avec origine au centre optique O)	12
3.) Critère de projection, méthode de Bessel	13
4.) Construction de l'objet AB et de l'image $A'B'$, l'image intermédiaire étant donnée	14

Johann Carl Friedrich Gauss, né en 1777 à Brunswick et mort en 1855 à Göttingen, est un mathématicien, astronome et physicien allemand. Il a apporté de très importantes contributions à ces trois domaines. Surnommé « le prince des mathématiciens », il est considéré comme l'un des plus grands mathématiciens de tous les temps.

La qualité extraordinaire de ses travaux scientifiques était déjà reconnue par ses contemporains. Dès 1856, le roi de Hanovre fit graver des pièces commémoratives avec l'image de Gauss et l'inscription *Mathematicorum Principi* (« au prince des mathématiciens » en latin). Gauss n'ayant publié qu'une partie de ses découvertes, la postérité découvrit surtout l'étendue de ses travaux lors de la publication de ses Œuvres, de son journal et d'une partie de ses archives, à la fin du xix^e siècle.

Gauss dirigea l'Observatoire de Göttingen et ne travailla pas comme professeur de mathématiques — d'ailleurs il n'aimait guère enseigner — mais il encouragea plusieurs de ses étudiants, qui devinrent d'importants mathématiciens, notamment Gotthold Eisenstein et Bernhard Riemann.



Galaxie M51 photographiée par un amateur avec une lunette astro et un appareil photo numérique

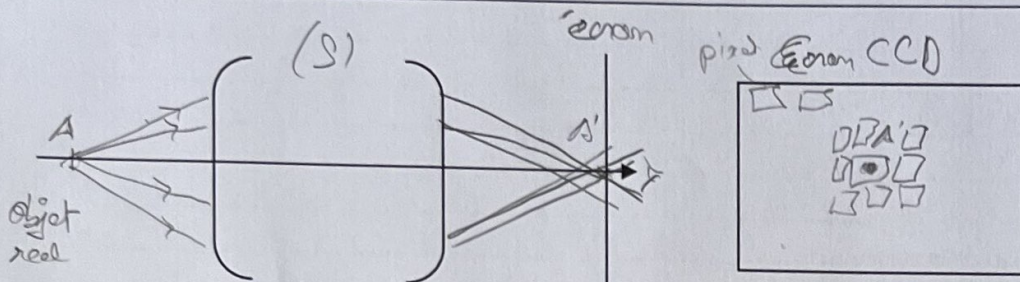


I Conditions de Gauss

1.) Stigmatisme approché

A point objet, A' point image, A et A' situés sur l'axe optique du système optique (S).

Définition : (S) est dit approximativement stigmatique pour (A, A') si tout rayon lumineux incident passant par A, passé au voisinage de A' après avoir traversé (S). $A \xrightarrow{(S)} A'$



Si la tâche est suffisamment petite autour de A' pour être sur une seule cellule du récepteur (cellule de la rétine ou du photorécepteur), le récepteur voit la tâche comme un point.

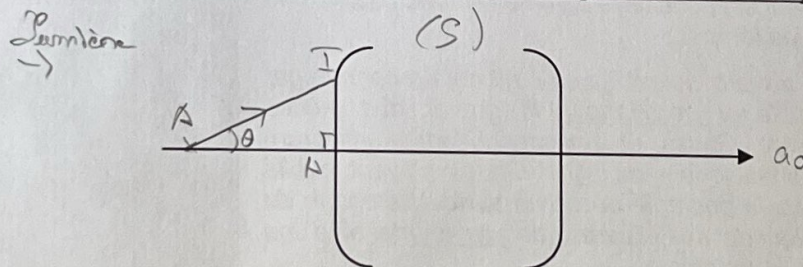
Le système sera approximativement aplanétique, s'il est approximativement stigmatique pour (A, A') et (B, B') et si l'image A'B' de AB, plan et perpendiculaire à l'axe optique, est plane et perpendiculaire à l'axe.

2.) Conditions expérimentales

Conditions de Gauss : Les rayons sont paraxiaux, c'est-à-dire faiblement inclinés par rapport à l'axe optique et proches de l'axe optique :

- Les angles θ que font les rayons lumineux avec l'axe optique sont petits.
- Les rayons lumineux frappent la surface près de l'axe optique.

https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/optiqueGeo/lentilles/stigmatisme_lentille.php



Si θ est petit (en radian): $\tan \theta \approx \sin \theta \approx \theta$

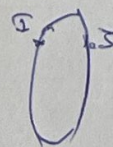
En pratique, θ doit être inférieur à 0,1 radians ou 5 degrés et $HI \leq \frac{f'}{10}$ où f' est la distance focale de la lentille.

Remarque : Aberrations chromatiques

https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/optiqueGeo/lentilles/aberration_chromatique.php

Rq: $n = f(\lambda)$ on dit que le verre est dispersif

Descartes en I $\sin i = n \sin r$
 $\Rightarrow n$ dépend de λ
 + Descartes en I



II Présentation des lentilles

1.) Définition

Définition : Une lentille est un système centré résultant de l'association de deux dioptries sphériques (ou un dioptre sphérique et un dioptre plan) délimitant un milieu d'indice n .

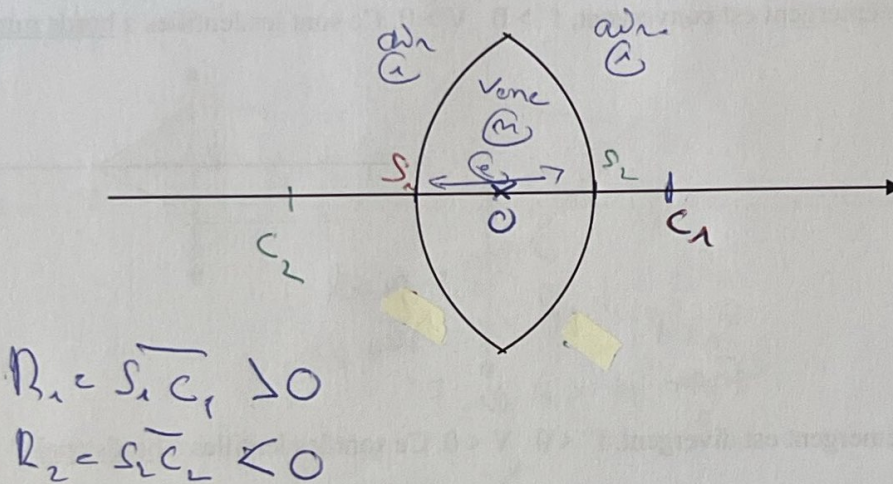
Dioptre 1 : $R_1 = \overline{S_1 C_1}$ Dioptre 2 : $R_2 = \overline{S_2 C_2}$ L'épaisseur de la lentille est $e = S_1 S_2$

Une lentille est dite mince si son épaisseur est très petite devant les rayons de courbure des dioptries qui la constituent et devant la distance entre les centres des deux dioptries.

Dans ces conditions, on confondra les sommets S_1 et S_2 en un même point O appelé centre optique de la lentille.

$e \ll |R_1|$ $e \ll |R_2|$ $e \ll C_1 C_2$ On a alors $O = S_1 = S_2$

Cas du dessin : $R_1 > 0$ et $R_2 < 0$.



2.) Résultats expérimentaux

On sait que de nombreux appareils d'optique sont formés de lentilles : loupe, verre de lunette, objectif d'appareil photographique.

Les lentilles permettent donc de former des images nettes.

On admet que les lentilles minces vérifient les propriétés de stigmatisme et d'aplanétisme approché dans les conditions de Gauss (rayons paraxiaux).

On peut vérifier expérimentalement que tout rayon incident passant par O traverse la lentille sans déviation, dans les conditions de Gauss.

III Foyers

1.) Foyer (principal) image F'

Définition : Un faisceau incident parallèle à l'axe optique émerge après la lentille en passant par un point F' de l'axe optique, appelé **foyer image** de la lentille. **Distance focale image** $f' = OF'$ **Vergence** $V = \frac{1}{f'}$

https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/optiqueGeo/lentilles/lentille_mince.php

dioptries ($\text{D} = \text{m}^{-1}$)

Point objet A à l'infini sur l'axe optique : $A_{\infty} \xrightarrow{(L)} F'$

Classification des lentilles

Lentille convergente : le faisceau émergent est convergent. $f' > 0$ $V > 0$. Ce sont les lentilles à **bords minces**.

$f' = OF' > 0$
 $A_{\infty} \xrightarrow{(L)} F'$
 (sur l'axe.)

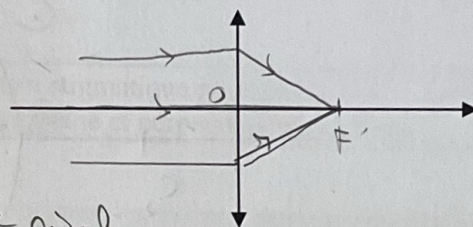


image réel
 on peut la voir sur un
 écran placé en F'

Lentille divergente : le faisceau émergent est divergent. $f' < 0$ $V < 0$. Ce sont les lentilles à **bords épais**.

$A_{\infty} \xrightarrow{(L)} F'$
 (sur l'axe.)

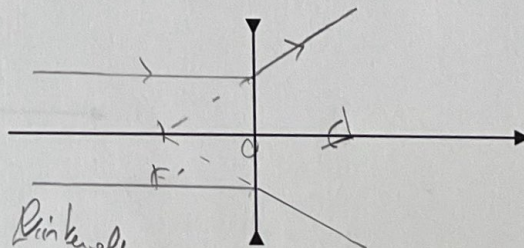
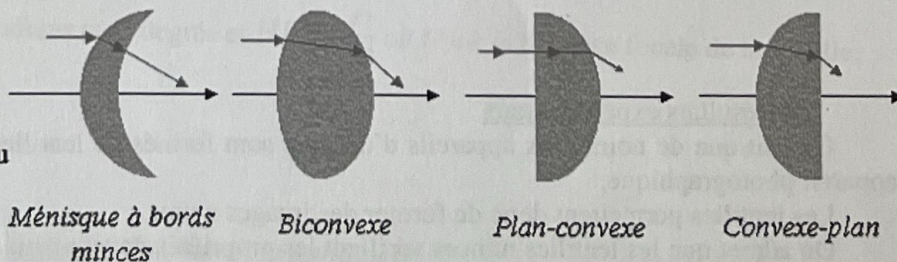
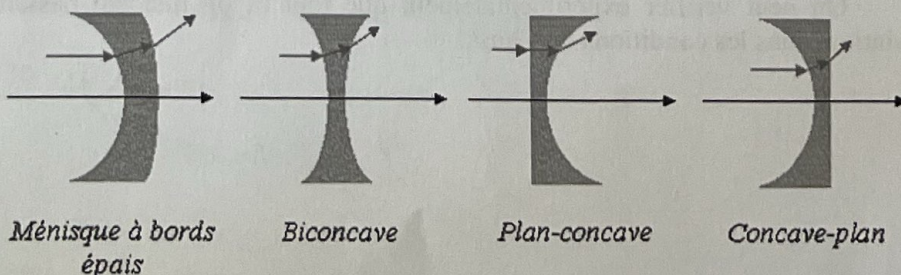


image virtuelle
 on ne la voit pas
 à l'écran

Lentilles convergentes :
 les bords sont plus minces
 que le centre.
 Elles transforment un faisceau
 parallèle en faisceau
 convergent.



Lentilles divergentes :
 les bords sont plus épais
 que le centre.
 Elles transforment un
 faisceau parallèle en
 faisceau divergent.



Plan focal image (PFI)

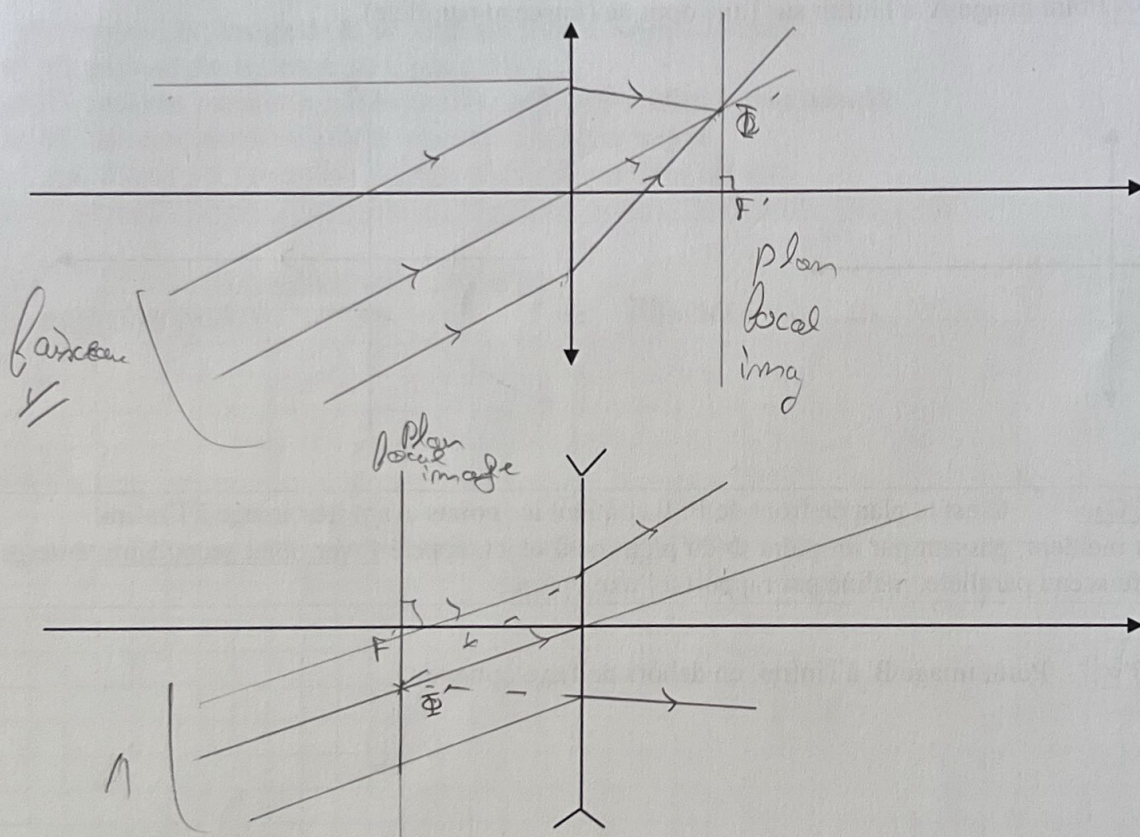
C'est le plan de front de F' . Il contient l'image des points situés à l'infini. (coplanarité)

Un faisceau incident parallèle, incliné par rapport à l'axe optique, émerge après la lentille en passant par un point Φ' du plan focal image, appelé foyer image secondaire.

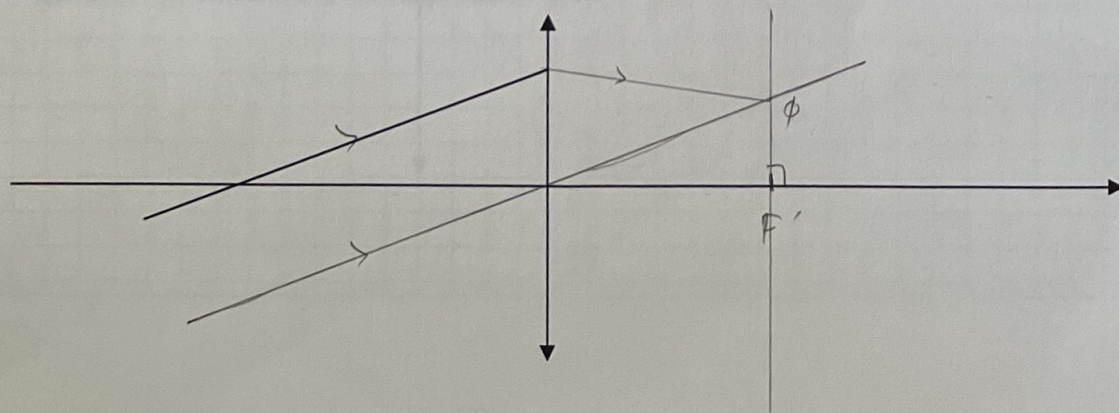
Point objet B à l'infini, en dehors de l'axe optique : $B \infty \xrightarrow{(L)} \Phi'$

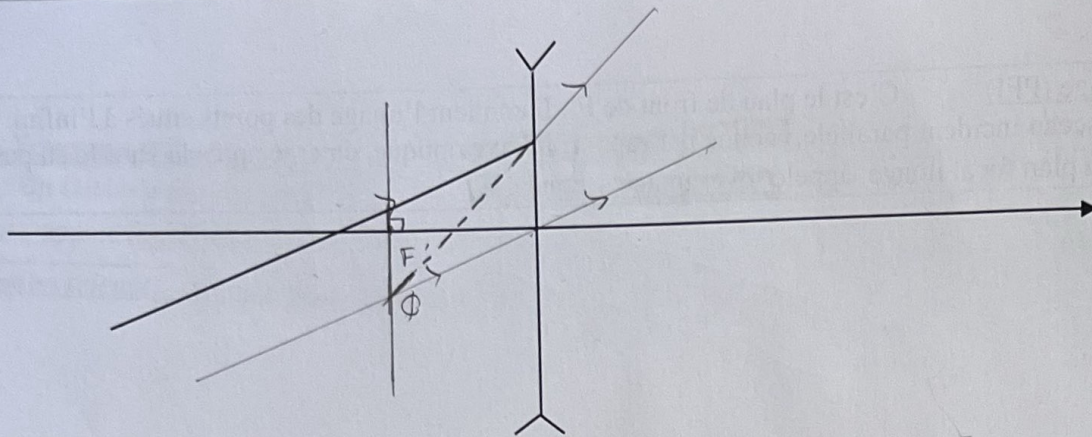
Construction

- un rayon lumineux passant par le centre n'est pas dévié.
- l'objet étant à l'infini, l'image est dans le plan focal image.



Remarque : Permet de construire le rayon émergent associé à tout rayon incident : on trace le rayon lumineux parallèle passant par le centre de la lentille. Il n'est pas dévié et coupe le plan focal image en ϕ' .





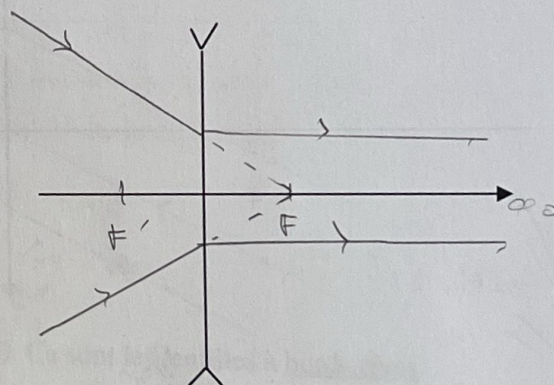
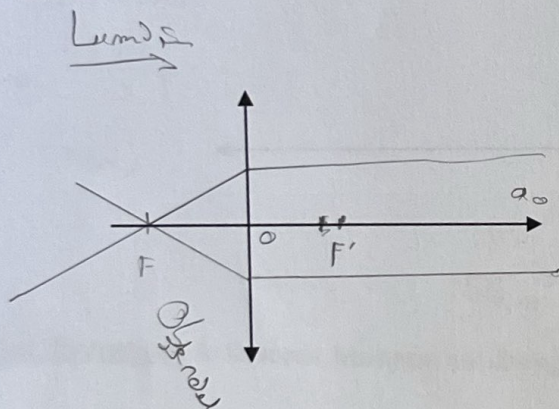
2.) Foyer (principal) objet F

Définition : Un faisceau émergent parallèle à l'axe optique après la lentille est issu du point F de l'axe optique, appelé foyer objet de la lentille.

Distance focale objet : $f = OF$

Propriété ADMISE : Les foyers sont symétriques par rapport à O. $f = -f'$

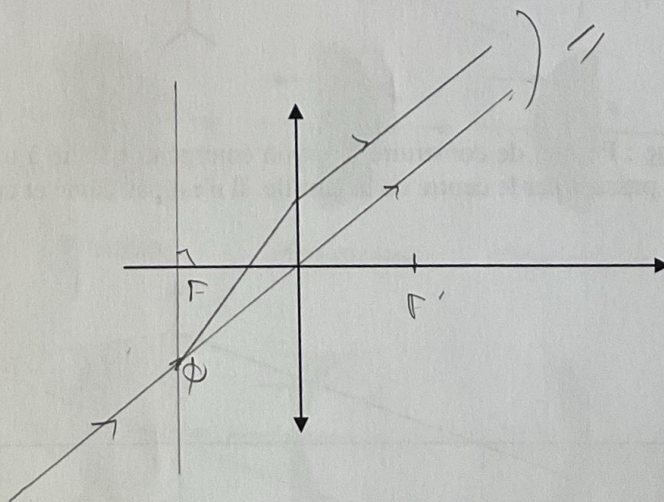
Sur l'axe : $F \xrightarrow{(L)} A'\infty$ Point image A' à l'infini sur l'axe optique (faisceau parallèle).

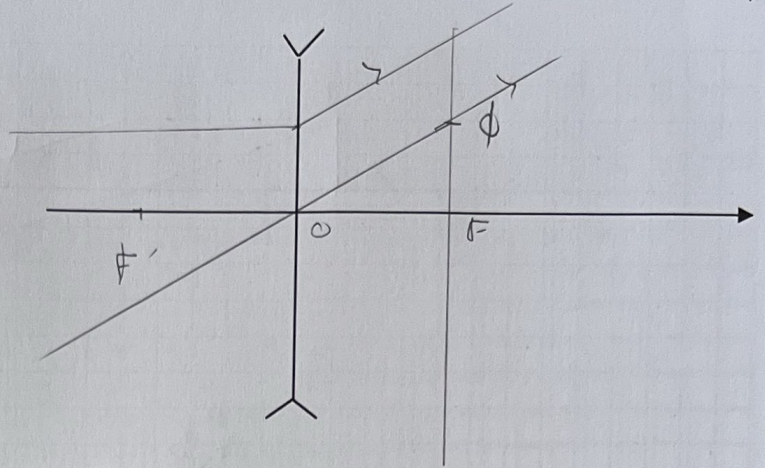


Plan focal objet (PFO) : C'est le plan de front de F. Il contient les points ayant leur image à l'infini.

Un faisceau incident, passant par un point Φ du plan focal objet, appelé foyer objet secondaire, émerge après la lentille en faisceau parallèle, incliné par rapport à l'axe optique

Hors axe : $\Phi \xrightarrow{(L)} B'\infty$ Point image B' à l'infini, en dehors de l'axe optique :





IV Constructions géométriques

1.) Méthode de construction de l'image d'un objet étendu

Hypothèse : AB est un objet plan, perpendiculaire à l'axe optique. Sa taille doit être petite devant la distance focale de la lentille (conditions de Gauss).

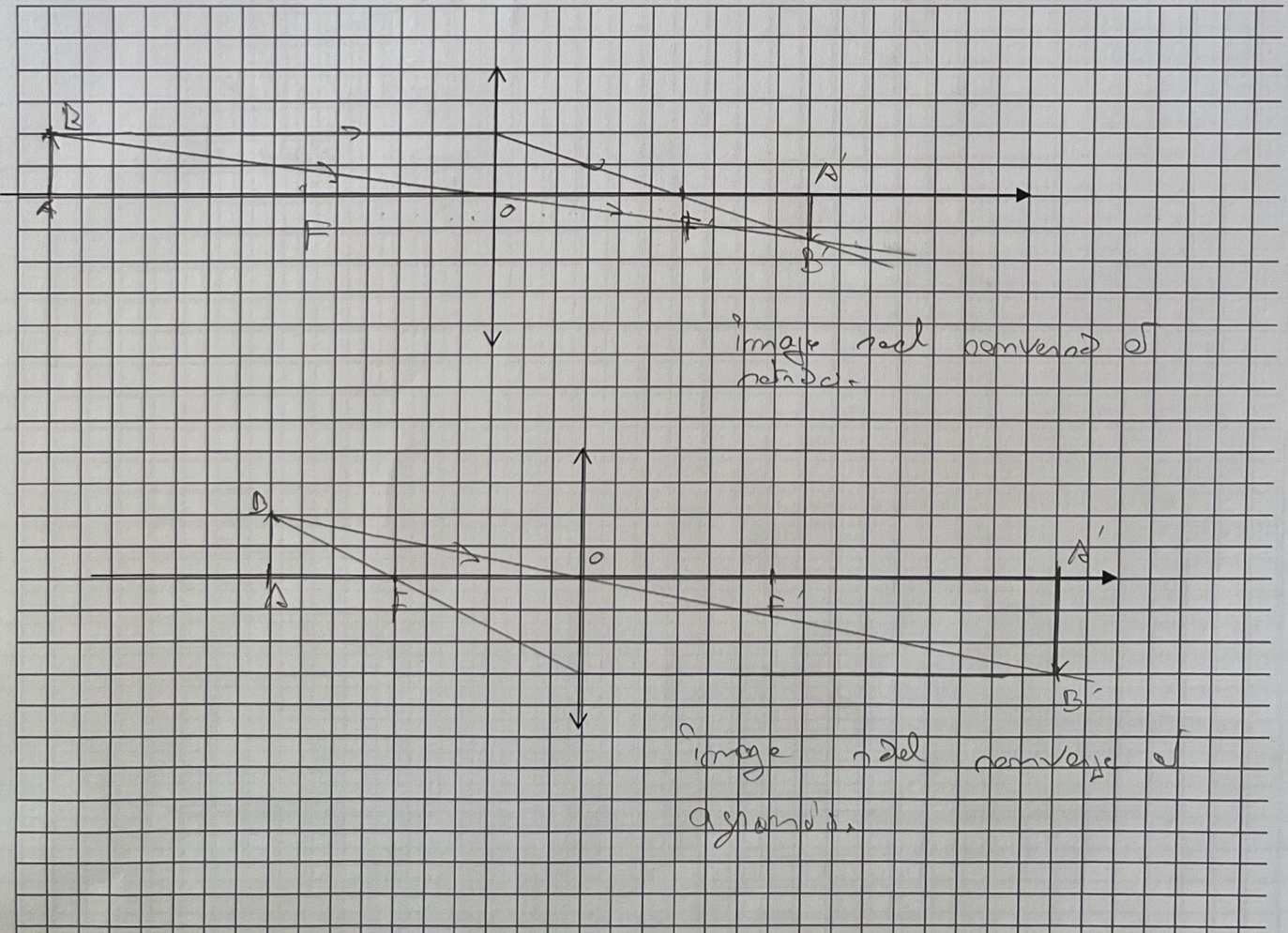
1. On construit B', image de B, en utilisant 2 des 3 rayons suivants :
 - un RL passant par le centre n'est pas dévié.
 - un RL incident passant par le foyer objet ressort parallèle à l'axe optique.
 - un RL incident parallèle à l'axe ressort par le foyer image.

2. A' est obtenu par projection orthogonale de B' sur l'axe optique.

https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/optiqueGeo/lentilles/lentille_mince.php

2.) Influence de la position de l'objet

a) Lentille convergente $AB = 2c$ $f' = 6c$ $\overline{OA} = -14c ; -10c ; -6c ; -2c ; 4c$



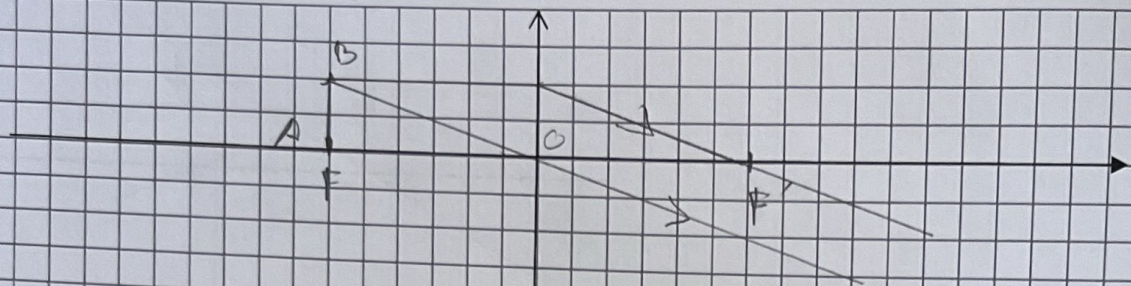
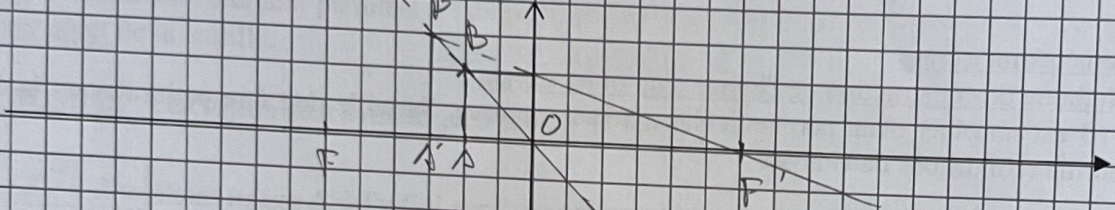
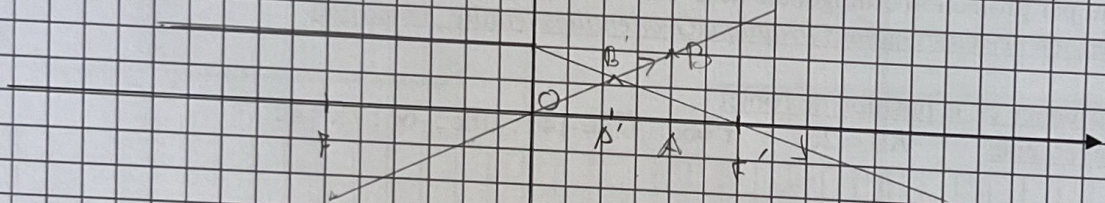


Image ~~Real~~ a l'inférieur



img. virtuelo aynondu



Objet virtuel

image n'est droit
diminué