

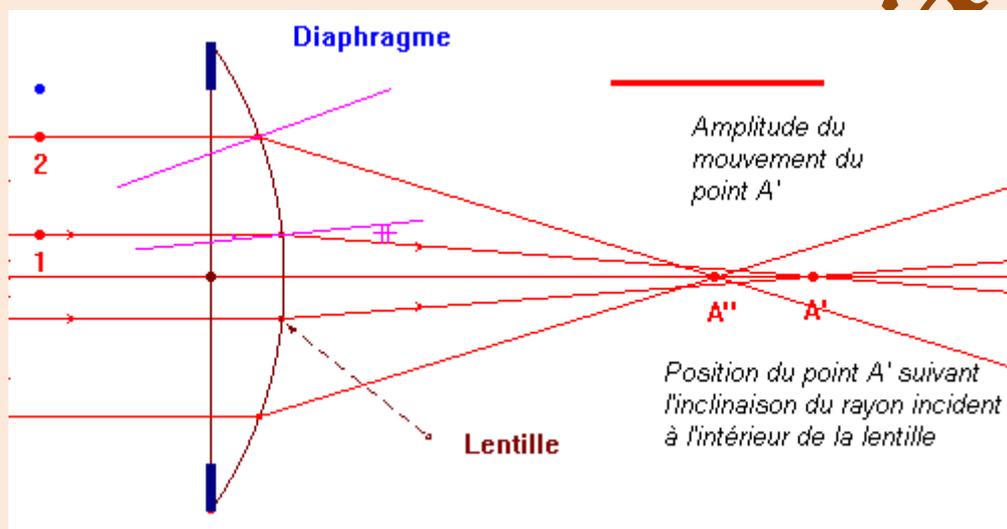
I- Les défauts des lentilles. Phénomènes d'origine géométrique.

1)- Le défaut de stigmatisme. Aberration de sphéricité.

- Manipulation 1 :

On éclaire en lumière monochromatique, avec un faisceau de lumière parallèle à l'axe principal, toute la surface d'une lentille convergente.

- Observations et schéma :



Tous les rayons ne convergent pas au même point, mais entre A' et A'' . On obtient une tache lumineuse.

- Interprétation :

Les rayons sont très déviés lorsqu'ils frappent la lentille sur ses bords. Ils convergent en A'' au lieu de converger en A' . Cela est dû à la forme sphérique de la lentille.

- Conclusion :

Un point objet ne donne pas une image ponctuelle unique. On dit qu'il n'y a pas stigmatisme.

- Remarque :

L'aberration sphérique est due à la forme en calotte sphérique des lentilles. Les bords

de la lentille dévient trop les rayons lumineux. La surface d'une lentille de bonne qualité doit être taillée au 1/10 de micromètre près. Les formes planes et sphériques peuvent être obtenues par polissage avec précision et en grande série.

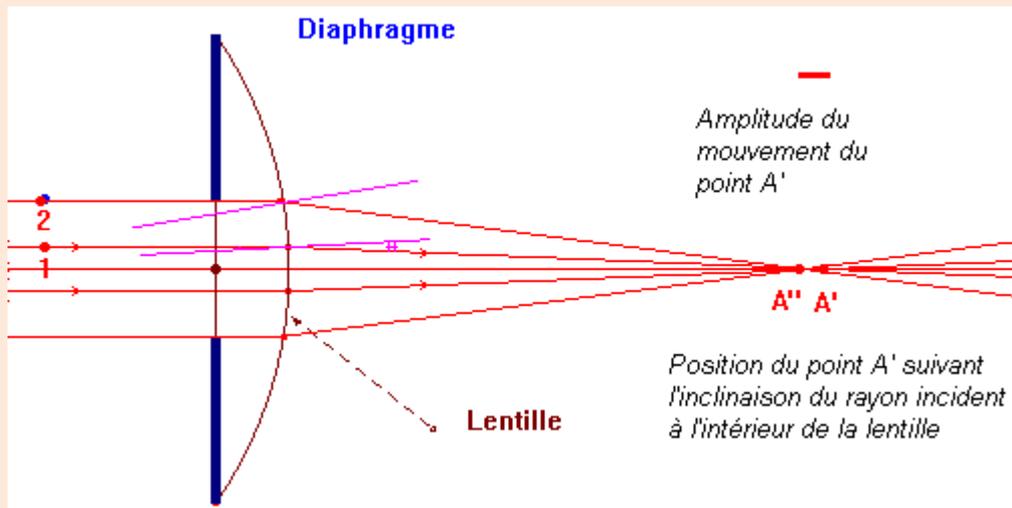
Les lentilles asphériques sont très coûteuses car la rectification d'une surface sphérique est pilotée par ordinateur et on effectue une taille au diamant. On peut obtenir des lentilles de qualité moyenne par moulage.

Spécialité Terminale S

- Manipulation 2 :

On place un diaphragme contre la lentille.

- Observations et schéma :



En diminuant l'ouverture du diaphragme, le faisceau qui émerge de la lentille converge vers une zone plus restreinte proche de A'.

En diminuant l'ouverture du diaphragme, on obtient quasiment un point image d'un point objet.

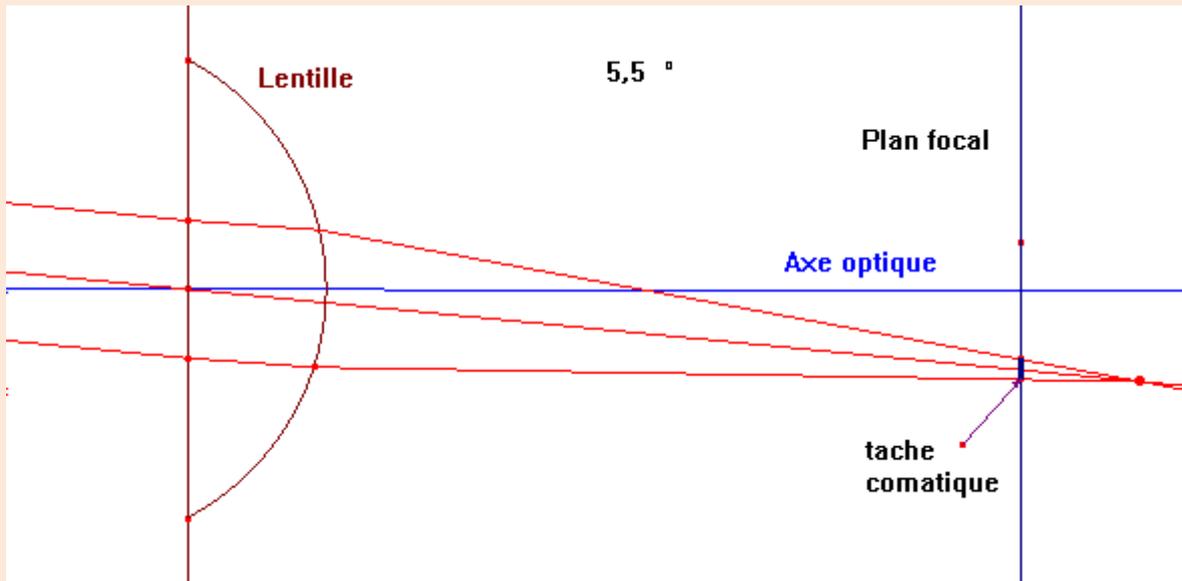
- Interprétation :

Les rayons viennent frapper la lentille au voisinage de son centre optique. Les rayons lumineux sont moins déviés. On limite dans ce cas les aberrations de sphéricité.

- Manipulation 3 :

La lentille est diaphragmée, mais on incline l'ensemble (lentille - diaphragme).

- Observations et schéma :



Le faisceau parallèle incident n'est plus parallèle à l'axe optique. On obtient sur l'écran une tache comatique pour image.

- Interprétation :

Les rayons incidents sont trop inclinés par rapport à l'axe optique.

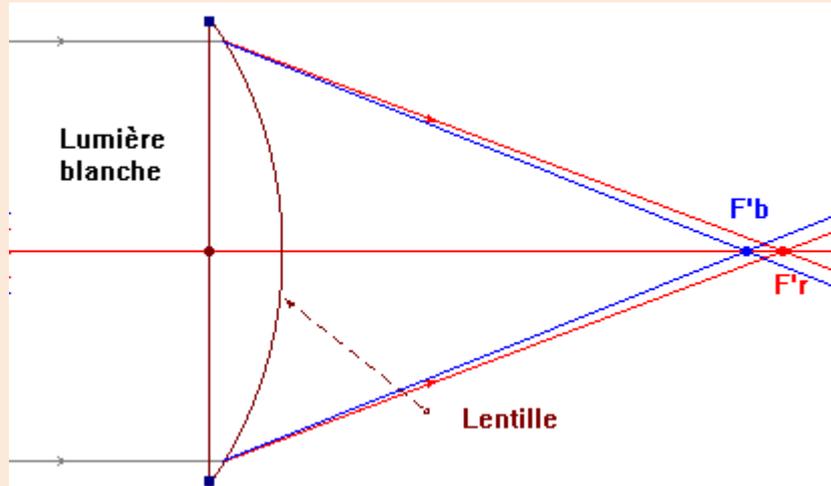
- Conclusion : Pour obtenir d'un point objet une image quasi ponctuelle (stigmatisme approché), il faut respecter les conditions de Gauss :
 - Les rayons lumineux doivent faire un petit angle avec l'axe optique,
 - Les rayons lumineux doivent rencontrer la lentille au voisinage de son centre optique.

2)- Les aberrations chromatiques.

- Manipulation 4 :

On éclaire une lentille convergente avec un faisceau de lumière blanche parallèle à l'axe optique.

- Observations et schéma :



Le faisceau qui émerge de la lentille convergente est irisé. Sur l'axe optique apparaît différentes zones colorées du bleu au rouge : La zone colorée bleue est proche de la lentille et la zone colorée rouge est plus éloignée de la lentille.

Si on déplace l'écran perpendiculairement à l'axe optique, le faisceau qui émerge est irisé et bordé de rouge ou de bleu selon la position. Ces irisations constituent les aberrations chromatiques.

- Interprétation :

Les aberrations chromatiques sont dues au pouvoir dispersif du verre. Les radiations colorées ne se déplacent pas à la même vitesse dans un milieu transparent homogène. L'indice n d'un milieu dépend de la longueur d'onde de la radiation.

La distance focale d'une lentille dépend de la longueur d'onde de la lumière. Comme la lumière blanche est constituée d'une infinité de radiations, la lentille donne d'un point objet qui émet de la lumière blanche une succession d'images de couleurs différentes.

II- Phénomène d'origine ondulatoire : la diffraction.

1)- Diffraction par une fente.

- Manipulation :

- Schéma du dispositif.

On fait arriver un faisceau laser de longueur d'onde $\lambda = 636 \text{ nm}$ directement sur une fente de largeur réglable.

On recueille sur un écran situé à la distance d la lumière transmise par la fente.

Au départ, la fente est plus large que le faisceau, puis on diminue progressivement la largeur de la fente et on observe le phénomène.

- Observations

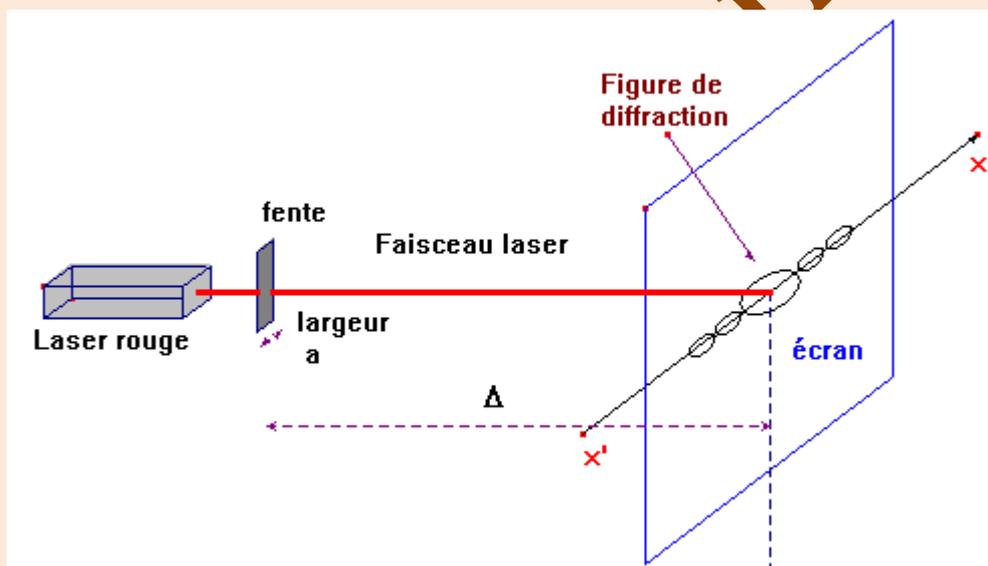
Lorsque la largeur de la fente est suffisamment faible, on observe une figure de diffraction. Le faisceau laser est étalé dans une direction orthogonale à la fente.

La figure de diffraction est composée de tache. La tache centrale est deux fois plus large que les autres.

- Interprétation :

Ce phénomène est en contradiction avec le principe de propagation rectiligne de la lumière. Il met en évidence le caractère ondulatoire de la lumière.

La largeur d de la tache centrale est donnée par la relation : $d = \frac{2 \cdot \lambda \cdot \Delta}{a}$



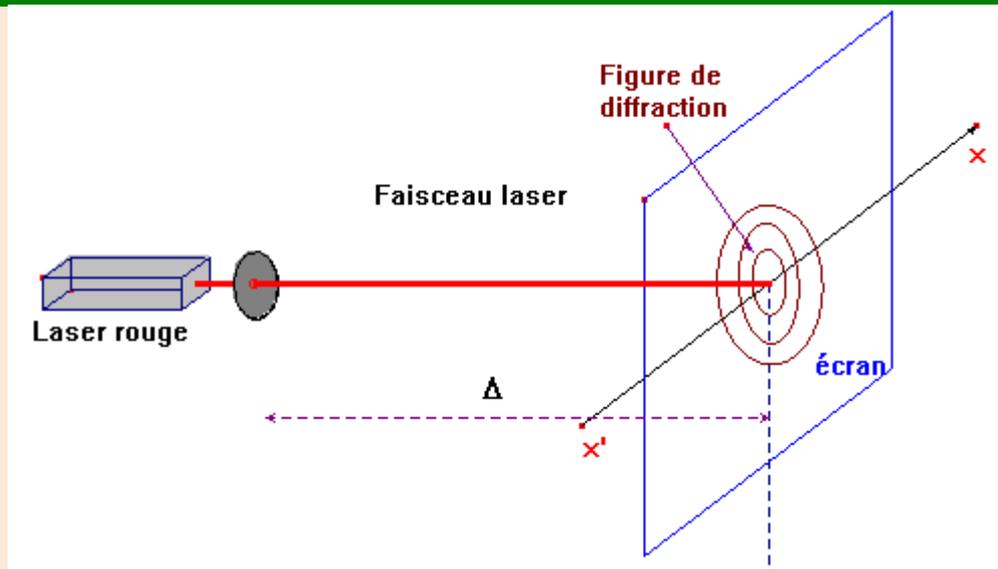
2)- Diffraction par un trou circulaire.

• Manipulation :

- Schéma du dispositif.

On remplace la fente par un trou de petite dimension devant la longueur d'onde de la radiation lumineuse.

- Observations :



La figure de diffraction est formée par une tache centrale brillante, appelée tache d'Airy

Le diamètre d de la tache centrale diminue lorsque le diamètre Φ du trou augmente.

- Interprétation :

Lorsque une lumière monochromatique de longueur d'onde λ traverse un trou circulaire de diamètre Φ petit devant λ , elle est diffractée.

Le diamètre de la tache centrale est donnée par la relation : $d = \frac{1,22 \times 2 \times \Delta}{\Phi}$

Rayon de la tache d'Airy : $r = \frac{1,22 \times \Delta}{\Phi}$

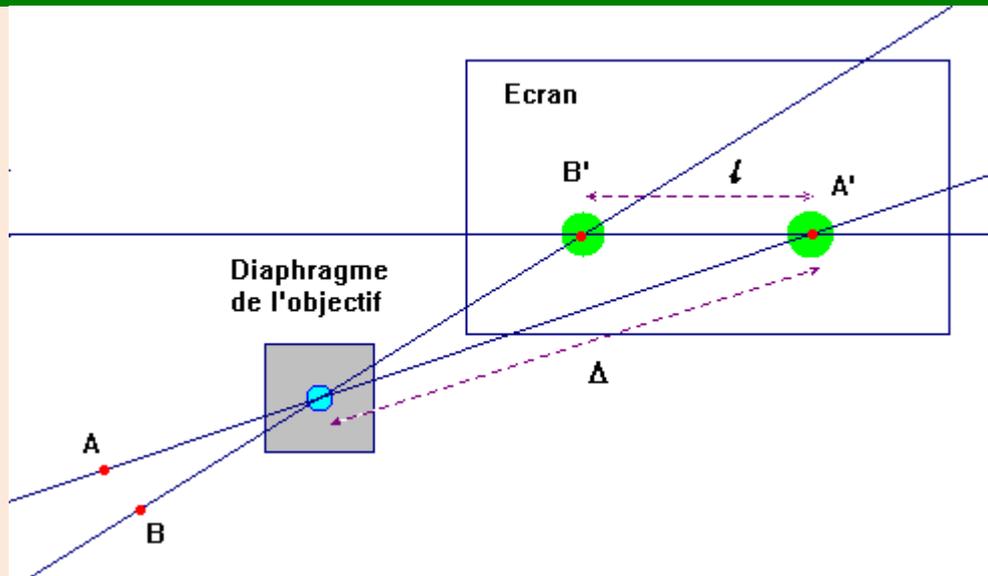
III- Limite de résolution d'un instrument d'optique.

1)- Limite du pouvoir de résolution d'un instrument d'optique.

- Pour les instruments d'optique, c'est la diffraction qui limite le pouvoir de résolution, car le diaphragme de l'objectif se comporte comme un trou de diamètre Φ .
- L'image d'un point objet A n'est pas un point A' mais une tache circulaire de centre A' entourée d'anneaux. Les anneaux sont très peu visibles car la luminosité des anneaux est très faible devant celle de la tache centrale.

2)- Critère de Rayleigh.

- Les images de deux points objets sont séparées si leur distance est supérieure ou égale au rayon de la tache d'Airy.
- Schéma :

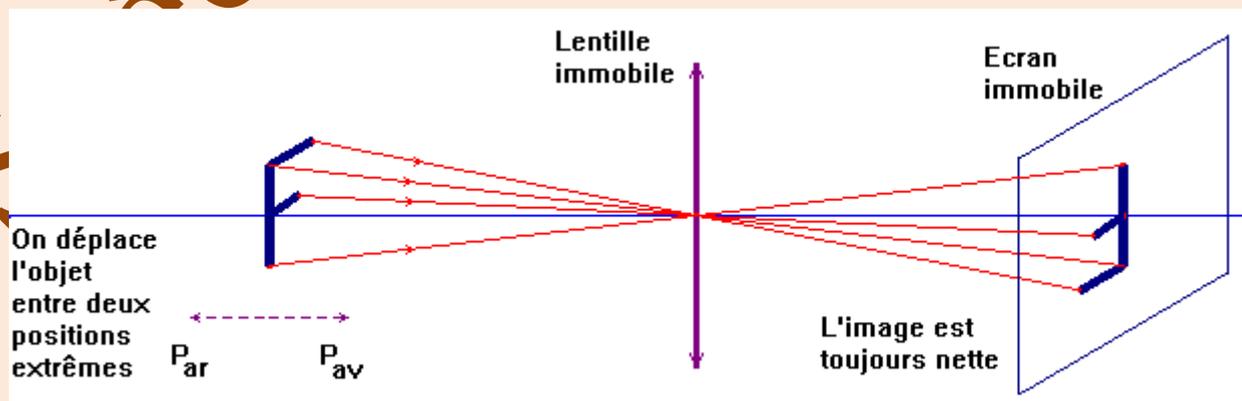


- Les images sont séparées : $l \geq r = \frac{1,22 \times \lambda \times \Delta}{\Phi}$
- Les images de deux points situés à l'infini sont séparées si leur distance est supérieure ou égale au rayon de la tache d'AIRY.
- On peut donner l'angle limite de résolution α_m . Cet angle en radian, étant petit, on peut faire l'approximation suivante :
- $\tan \alpha_m \approx \frac{l}{\Delta} \Rightarrow \alpha_m \approx 1,22 \cdot \frac{\lambda}{\Phi}$
- Un appareil de qualité possède une limite de résolution faible.
- Pour augmenter le pouvoir de résolution, il faut augmenter le diamètre d'ouverture des objectifs ce qui va à l'opposé des conditions de GAUSS.

IV- Diaphragme et profondeur de champ.

1)- Expérience.

- Sur un banc d'optique, on place : un objet lumineux, une lentille.



- On règle le dispositif afin d'obtenir une image nette sur l'écran.

- Puis, on déplace l'objet sans toucher à la lentille et à l'écran et on note entre quelles positions extrêmes P_{ar} et P_{av} l'image reste nette.
- On appelle profondeur de champ la distance entre les deux positions extrêmes de l'objet P_{ar} et P_{av} .
- Ces deux positions limitent l'espace dans lequel doit se trouver l'objet pour que la lentille en donne une image nette.
- On peut recommencer l'expérience en diminuant le diamètre du diaphragme.
- On remarque que l'espace entre les deux positions extrêmes augmente.
- La profondeur de champ augmente lorsque le diamètre du diaphragme diminue.

2)- Conclusion.

- La profondeur de champ dépend de l'ouverture du diaphragme, de la distance focale et aussi de la position de l'objet. La profondeur de champ d'un objectif est quelque chose de très important en photographie. Elle permet d'obtenir des photos nettes d'objet qui ne sont pas situés dans le même plan.

Spécialité Terminale S