

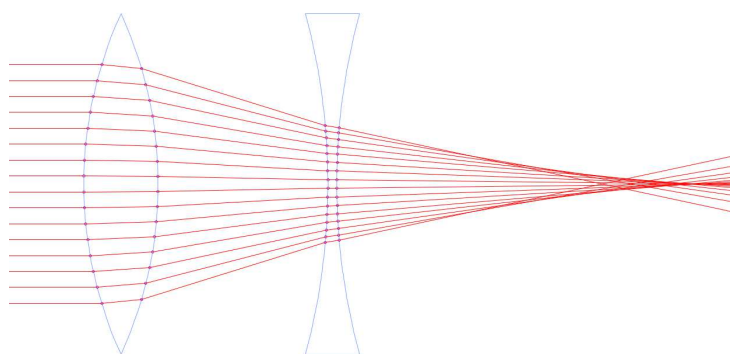
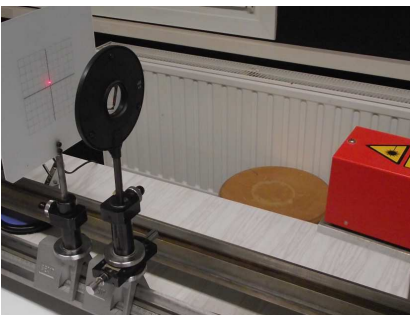
# C3- Réfraction dans les lentilles

Qualité des images formées – limitation hors conditions de Gauss



Coupe transversale d'un Nikon D3 AF-S Nikkor 12-24mm lens

## 1- Une lentille fonctionne par réfraction en déviant les rayons lumineux (loi des sinus)



## 2- Rôle des zones de la surface de la lentille

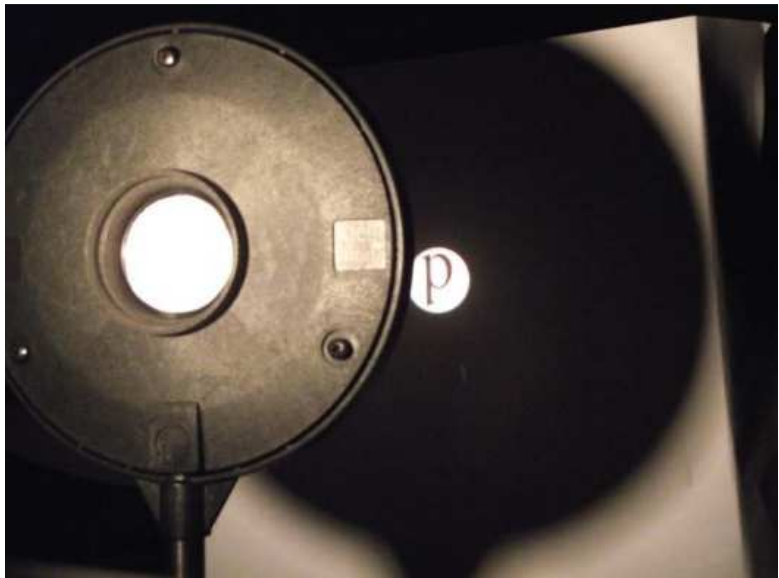
On forme l'image réelle d'un objet réel « d » avec une lentille convergente.

**Qu'observe t-on sur l'écran si on met un cache sur la zone centrale de la lentille ?**



Seule la surface de la **couronne extérieure** laisse passer la lumière mais **l'image est complète**.

La **netteté** n'est pas optimale : la qualité n'est pas très bonne

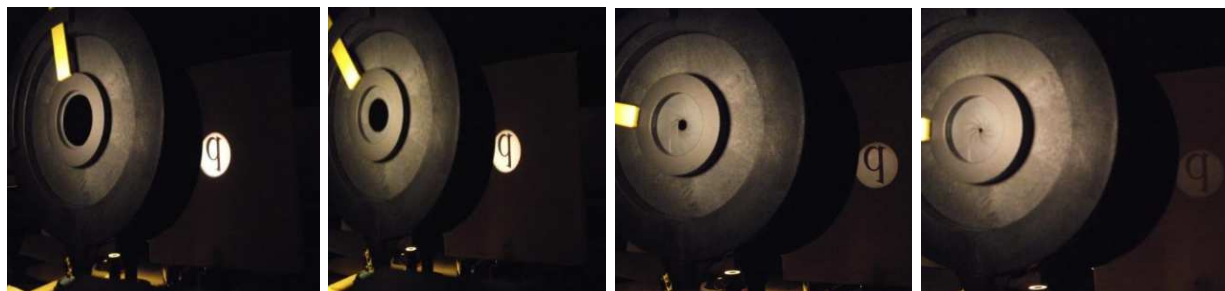


**Qu'observe t-on avec un cache sur la moitié de la surface de la lentille ?**



- Formation de l'**image complète** à partir de **chaque élément de surface** de la lentille
- **Diminution de l'éclairement** reçu sur l'écran lorsque la surface utile de la lentille diminue (évidemment ...)

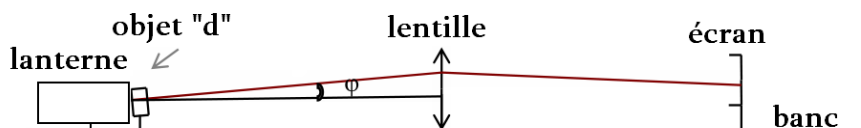
**Qu'observe-t-on avec un diaphragme laissant libre la surface centrale de la lentille ?**



- Formation de l'**image complète** à partir de **chaque élément de surface** de la lentille
- **Diminution de l'éclairement** reçu sur l'écran lorsque la surface utile de la lentille diminue (évidemment...)
- **Netteté de l'image améliorée** avec la **diminution du diamètre du faisceau**.

→ **Condition 1** La netteté de l'image est bonne pour des rayons lumineux proches de l'axe optique

### 3- Rôle de l'angle du faisceau incident avec l'axe optique



**Qu'observe t-on sur l'écran en faisant varier l'angle de 0 à 20°?**

 $\varphi = 0^\circ$  $\varphi = 5^\circ$  $\varphi = 10^\circ$  $\varphi = 15^\circ$  $\varphi = 20^\circ$ 

La netteté de l'image reste  
bonne pour un angle  
 $\varphi \leq 5^\circ$

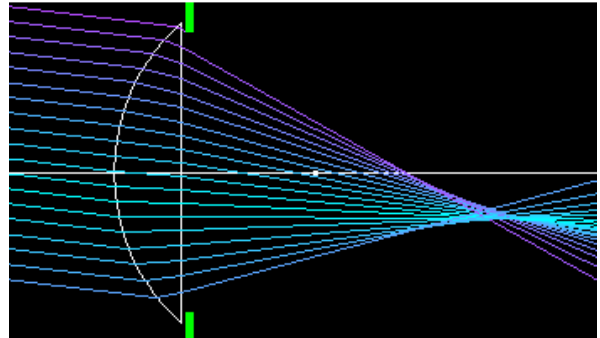
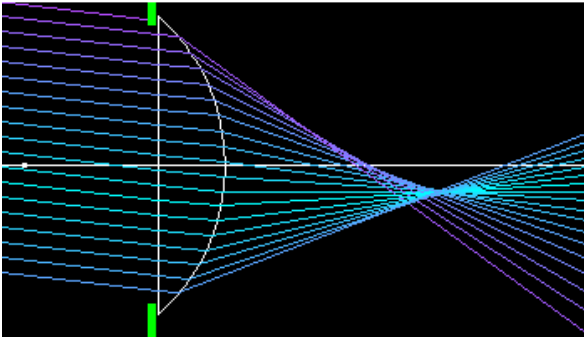
→ **Conditions 2 :**

**La netteté est bonne pour des rayons lumineux peu inclinés sur l'axe optique**

**Ces deux conditions « de Gauss » décrivent le modèle des rayons paraxiaux**

## 4- Limitation : aberrations géométriques

### Simulations d'aberrations géométriques



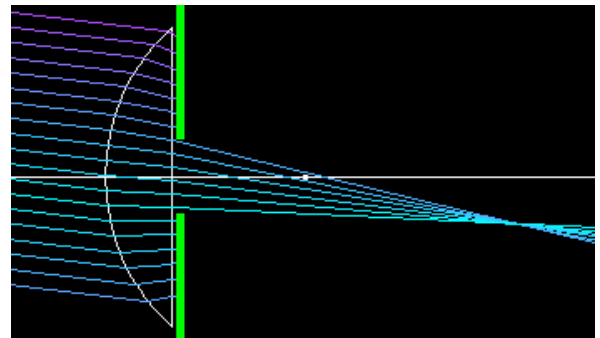
Pour un faisceau de lumière parallèle :

- En faisceau large, la convergence n'est pas ponctuelle. La lentille n'est pas stigmatique. L'image d'un point objet à l'infini est donc pas « ponctuelle » ; elle est mal définie (il s'agirait a priori d'un point appelé « foyer image »)

- Amélioration : l'aberration est moindre en éclairant la face courbe d'une lentille Plan - Convexe.

- En se mettant dans les conditions de Gauss : obtention d'un stigmatisme approché.

- Le foyer  $F'$  est défini comme un point (le faisceau initial est incliné sur l'axe donc ici  $F'_2$  est un foyer secondaire qui n'est pas sur l'axe mais dans le plan focal image perpendiculaire à l'axe).



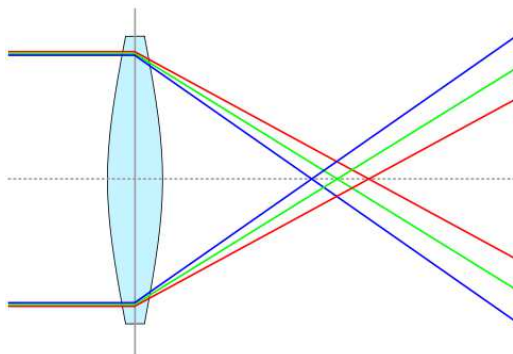
## 5- Limitation : aberration chromatique



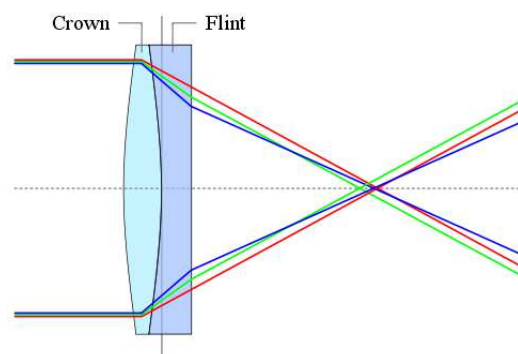
Aberration chromatique



Pas d'aberration chromatique



Lentille présentant une aberration chromatique



Lentille achromat compensée de l'aberration chromatique

Le verre de la lentille est **dispersif** :

Avec un indice optique  $n(\lambda) = A + B / \lambda^2$  et la loi des sinus basée sur  $n(\lambda)$

→ on constate l'existence de foyers différents selon la couleur.

- Avec une lentille usuelle faite d'un seul type de verre → décomposition des couleurs en bord de champ (pour les plus grands angles d'incidence sur la face d'entrée).

L'image présente alors une **aberration chromatique**

**Solution :**

- Utiliser une lentille **achromat** : système quasi-compensé de deux lentilles accolées faites de verres différents.

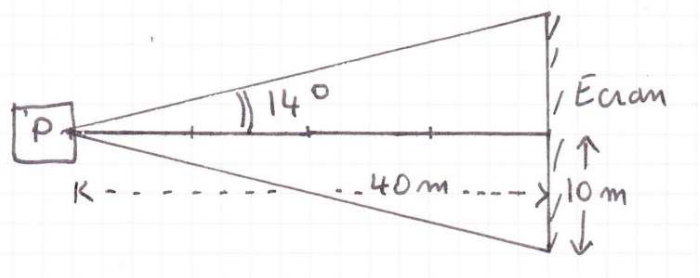
Des verre de type « Flint »  $n \approx 1.65$  (très dispersif) et de type « Crown »  $n \approx 1.52$  (peu dispersif) sont ainsi complémentaires.

## 6- Limitation : non aplanétisme hors conditions de Gauss !



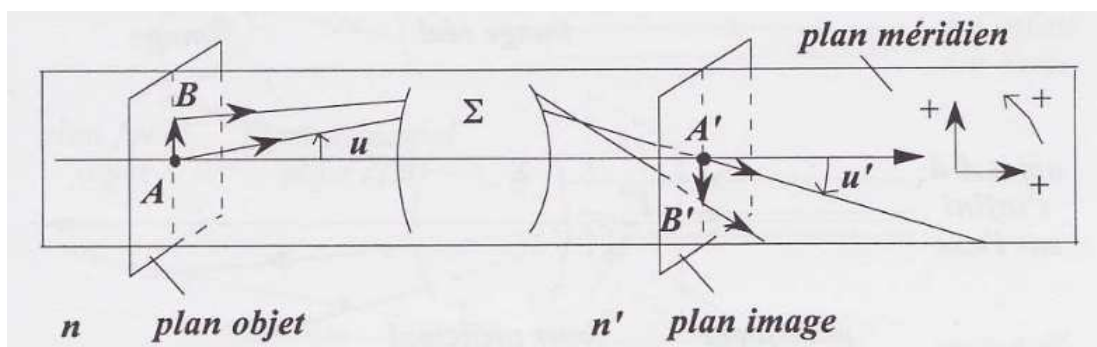
Projection « nette » non plane : courbure d'un grand écran de projection de cinéma

Exemple :  
j'ai observé dans une salle environ 50 cm de flèche pour un écran de 20 m de large situé à 40 m du projecteur. Avec  $14^\circ$ , c'est trop ! On n'est plus dans les conditions de Gauss.



Rappel : un **système optique centré** est utilisé dans les **conditions de Gauss** si :

- **Tous les rayons lumineux font des angles faibles avec l'axe optique** (rayons « paraxiaux »)
- **Les angles d'incidences de tous les rayons sur les divers dioptries constituant le système centré sont faibles** (limitation du faisceau par diaphragme au centre de la lentille)



Le système optique est alors **approximativement** :

- **stigmatique**
- **aplanétique**

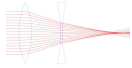
→ l'image d'un point est un point. Ces points « objet » et « image » sont conjugués  
→ l'image d'un plan est un plan



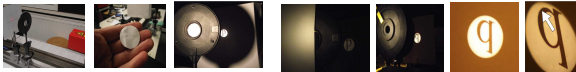
## Sources des figures et des images :



<http://www.pixfan.com/coupe-transversale-dun-nikon-d3/>

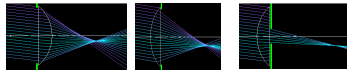


Toutes les simulations des tracés de rayons avec OpticalRayTracer disponible sur <http://www.arachnoid.com/OpticalRayTracer/>



vidéos §1 et §2 : J. Guérin & P. Thomas Projet

S3 2010

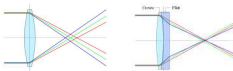


<http://subaru2.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/optigeo/rayons.html>

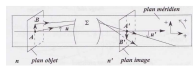
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/Chromatic\\_aberration\\_con\\_vex.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/Chromatic_aberration_con_vex.svg)

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/46/Achromat\\_doublet\\_en.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/46/Achromat_doublet_en.svg)

<http://jag35.com/new/blog/all-about-achromats/>



*Optique géométrique* C. Grossetête et P. Olive Ellipses 2006



## Sommaire

C3- REFRACTION DANS LES LENTILLES.....	1
QUALITE DES IMAGES FORMEES –LIMITATION HORS CONDITIONS DE GAUSS.....	1
1- Une lentille fonctionne par réfraction en déviant les rayons lumineux (loi des sinus).....	1
2- Rôle des zones de la surface de la lentille.....	1
3- Rôle de l'angle du faisceau incident avec l'axe optique .....	4
4- Limitation : aberrations géométriques .....	6
5- Limitation : aberration chromatique.....	7
6- Limitation : non aplanétisme hors conditions de Gauss ! .....	8
Sources des figures et des images :.....	9
Sommaire.....	9