



Introduction aux logiciels optiques

Contexte

- Dû à la difficulté de concevoir des systèmes optiques performants et aux multiples paramètres avec lesquels on peut jouer, la nécessité de calculer les combinaisons optiques par ordinateur est apparue très tôt dans l'histoire de l'informatique.
- Pendant longtemps, les fabricants importants d'instruments ont produit leurs propres logiciels de design optique.
- Aujourd'hui, c'est surtout l'affaire de sociétés spécialisées dans la production de ces logiciels.

Utilisation des outils de design optique

- Il existe différents besoins dans le domaine du design optique, les principaux:
 - Le traçage des rayons dans les instruments optiques.
 - L'étude de la lumière diffusée.
 - L'éclairage.
 - L'étude de la lumière comme onde électromagnétique (propagation d'ondes, diffusion, interaction avec la matière).

Traçage de rayons

- Nous considérons ici des programmes de traçage des rayons le design optique.
- C'est-à-dire l'étude de la propagation de lumière dans un système sous forme de rayons qui suivent les lois de la réflexion et de la réfraction.
- Ce modèle néglige la diffraction des ondes.
- De plus ces modèles sont séquentiels. C'est-à-dire que nous imposeront l'ordre dans lequel les surfaces sont traversées par les rayons.

Logiciels de design optique

- Il existe aujourd'hui beaucoup de logiciels de design optique
 - CodeV. Le plus puissant et le plus cher.
 - OSLO. Puissant et assez convivial. Il existe une version LE gratuite.
 - Zemax. Le plus connu. Au point d'être pratiquement un standard.
 - WinLens qui a été conçu à l'origine par LINOS pour vendre ses produits. Relativement simple et facile d'utilisation. Ses fonctions sont suffisantes pour l'enseignement de l'optique à notre niveau et il est gratuit. Jusqu'à peu il permettait de modéliser seulement des systèmes optiques avec un seul axe, mais une version 3D vient de sortir.

Ce que fait un programme de design optique

- Il « trace » des rayons à travers un système à partir d'un point objet:
 1. Il trace un rayon jusqu'au point d'incidence sur la première surface.
 2. Il calcule la réfraction en 3D en ce point (c'est-à-dire qu'il calcule le plan d'incidence au point d'incidence et applique la loi de Snell-Descartes).
 3. Il itère ensuite à travers toutes les surfaces définies du système.

La problématique de base

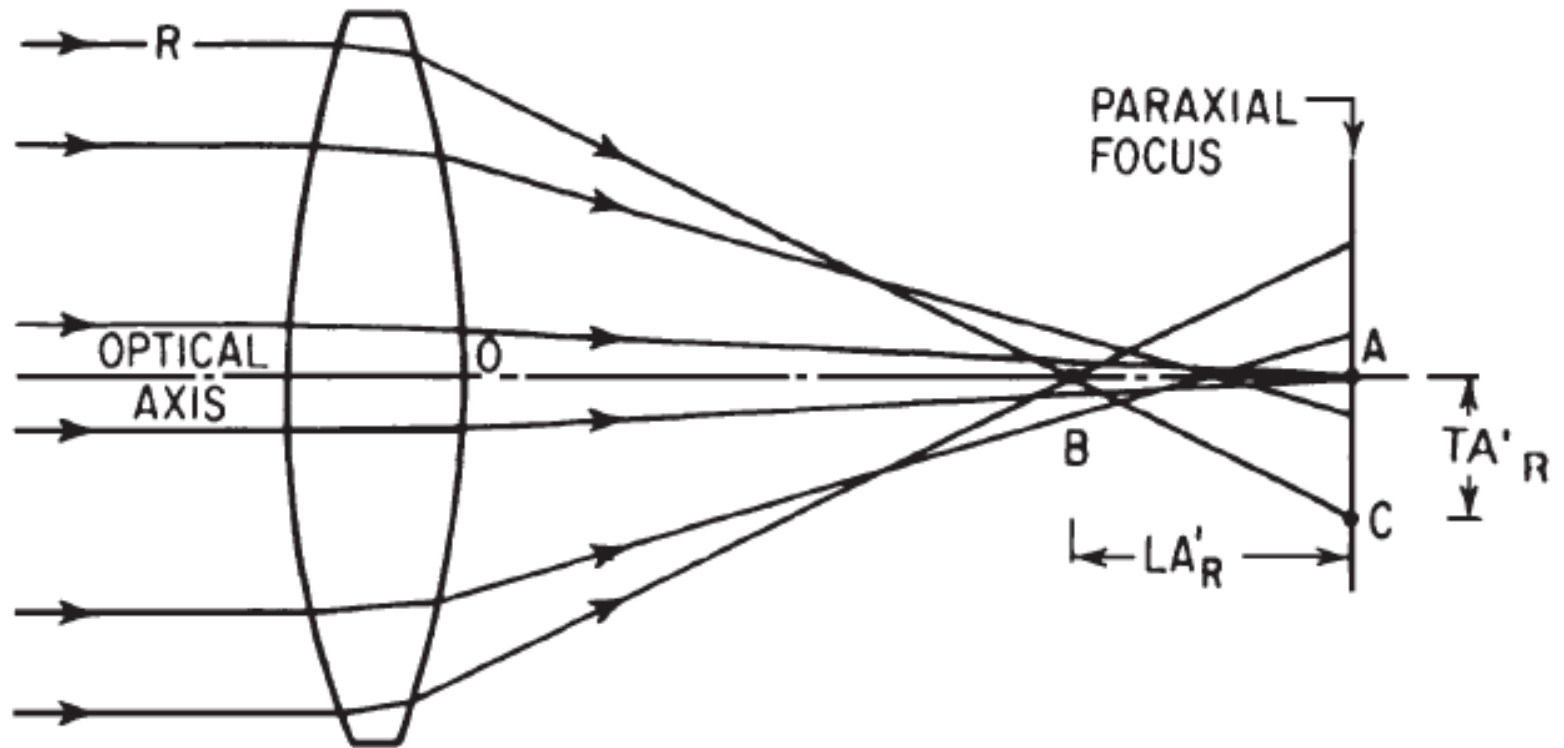
- Le traçage des rayons est nécessaire pour affronter un problème de base:

Les systèmes optiques physiques ne sont pas stigmatiques

- Par conséquent les rayons issus d'un point objet ne se croisent pas en un point image

Dans ce contexte, même la notion d'image est difficile à définir.

Exemple de non-stigmatisme



Aberrations

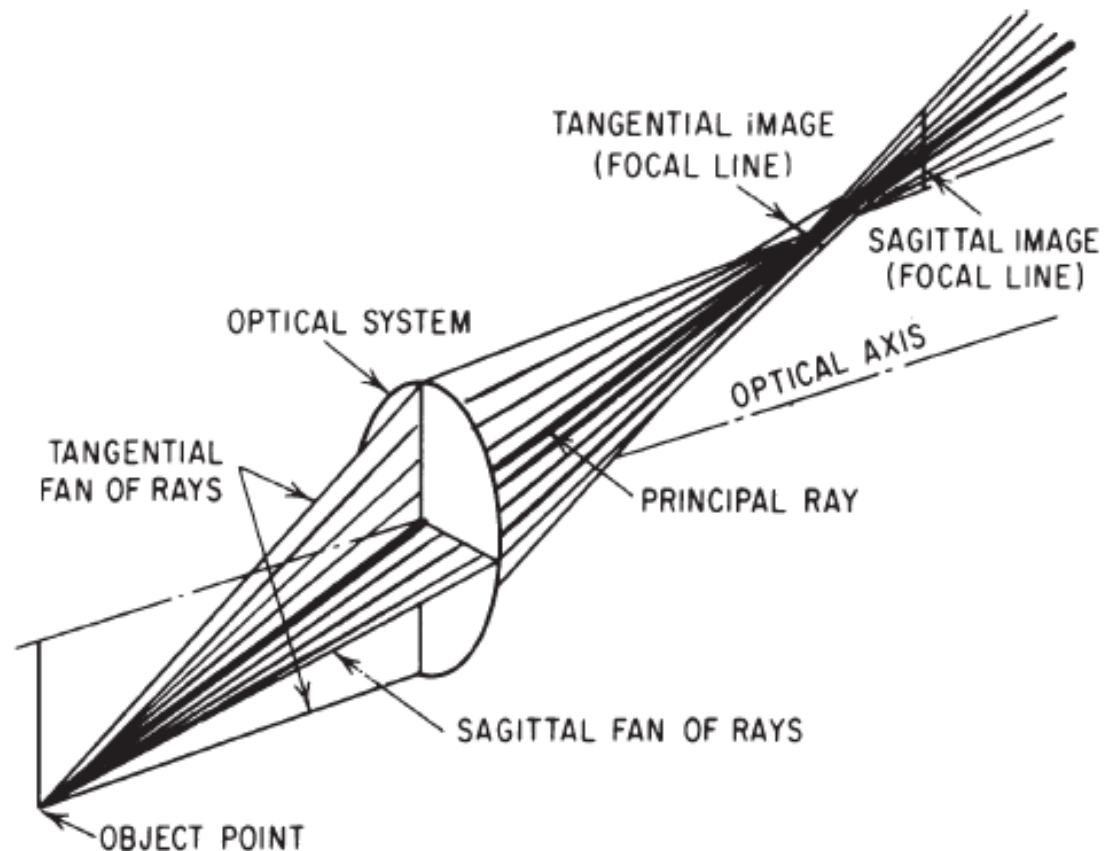
- Rappel: on appelle aberrations le comportement non-idéal d'un système optique.
- Le travail d'un designer optique consiste généralement à concevoir un système dont les aberrations soient acceptables pour l'application considérée.
- Les aberrations tolérées peuvent être très différentes selon le type de système à concevoir – par exemple si l'on se contente de projeter de la lumière ou en détecter la présence, ou si l'on fait de l'imagerie à haute résolution.

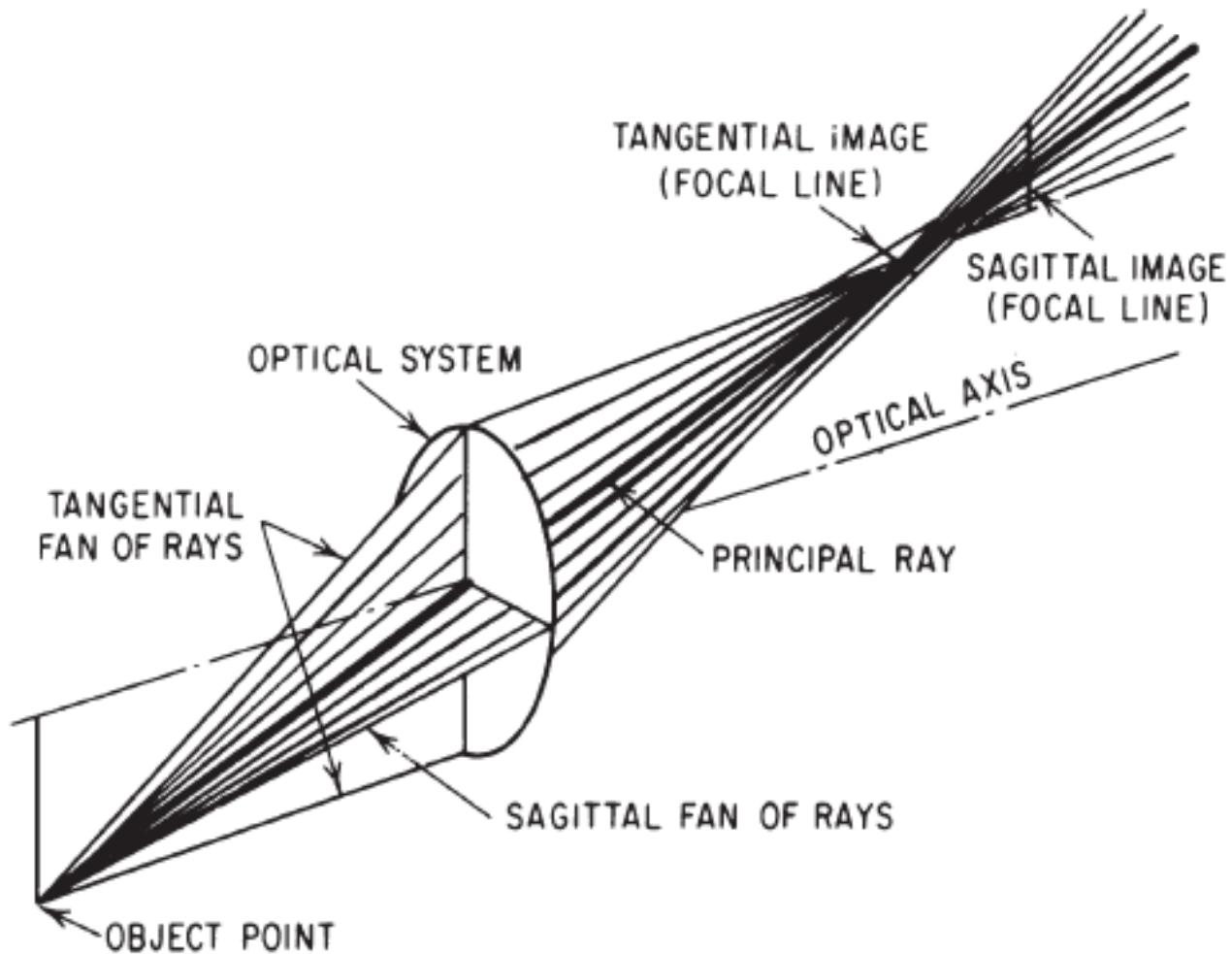
Les rayons considérés

- Pour l'étude des systèmes, on va « peupler » la région entre les pupilles de rayons disposés de manière particulière.
- L'axe horizontal (x) et l'axe vertical (y) sont d'un intérêt particulier pour l'étude des rayons.
- Dans certains cas de figure, on cherche à peupler la pupille d'une densité uniforme de rayons.

Plans de référence

- Dans le cas des rayons sur les axes, on définit:
 - Le plan tangent ou méridien qui va contenir le point objet ainsi que l'axe Y dans la pupille.
 - Le plan sagittal qui va contenir le point objet ainsi que l'axe X dans la pupille.





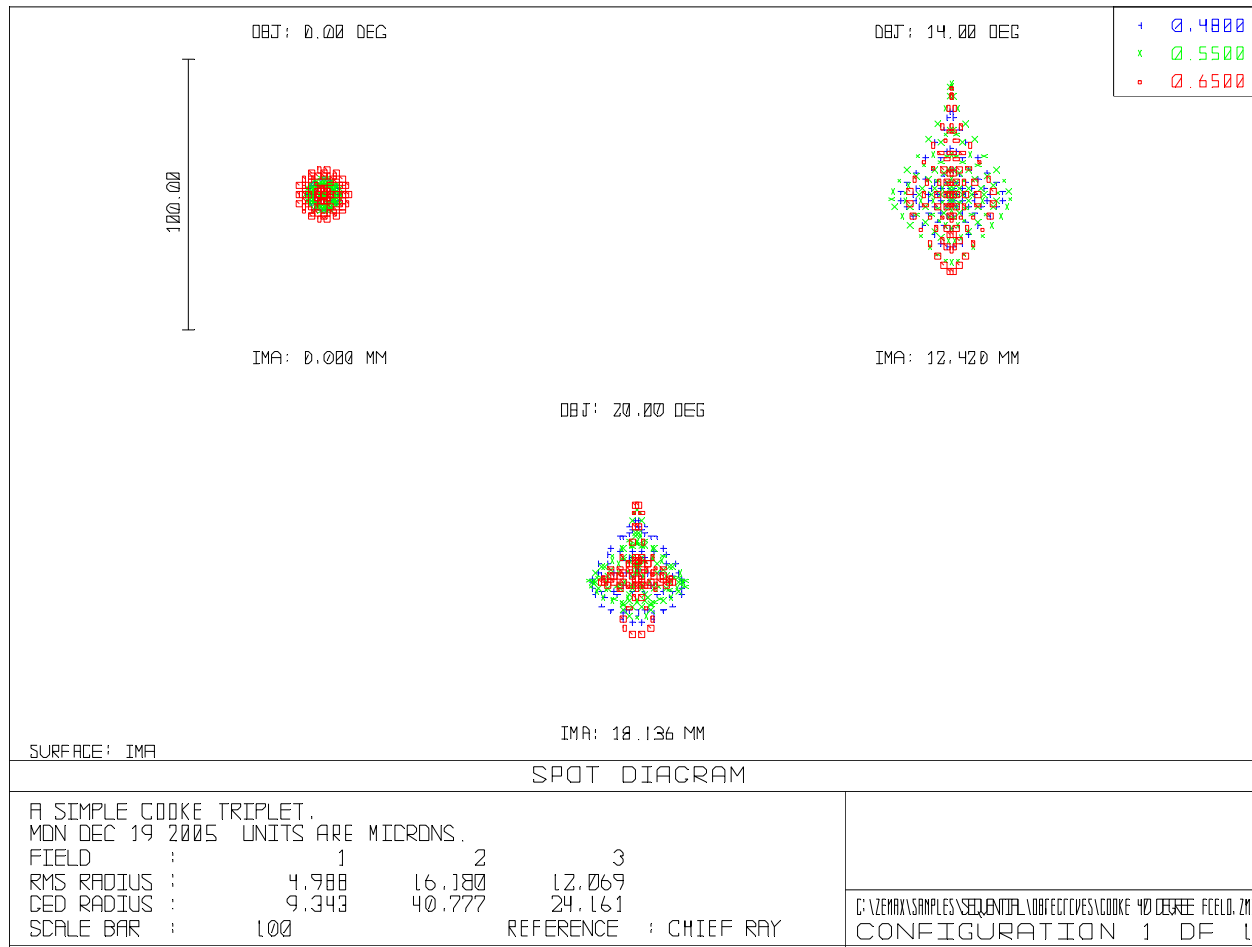
A noter: les rayons méridiens sont tous dans le plan méridien, mais les rayons sagittaux ont aussi (en général) une composante dans le plan méridien.

Caractérisation des aberrations

- Il y a plusieurs façons de caractériser les aberrations et la maîtrise de ces caractérisations constitue une des difficultés du design optique et le savoir-faire du designer.

Le spot diagram

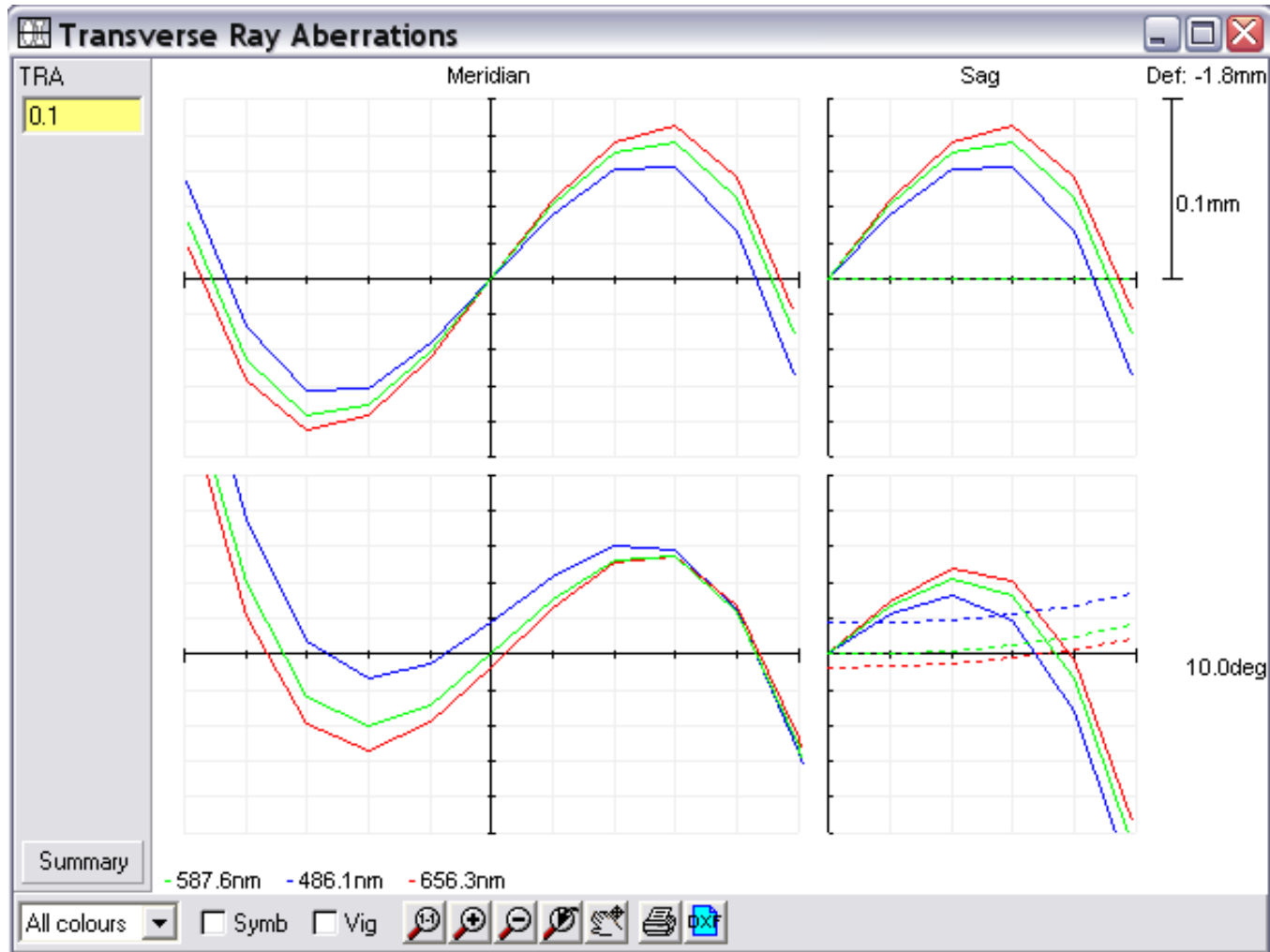
- Le spot diagram consiste en une figure dans laquelle on trace tous les points d'incidence des rayons sur un plan perpendiculaire à l'axe optique (par exemple des plans proches du plan théorique de l'image).



Les aberrations transverses

- Les graphes « transverse ray aberrations » reportent l'erreur de position des rayons en fonction de leur position dans la pupille.
 - C'est-à-dire que l'on graphe l'erreur de hauteur (Y) en fonction de la hauteur du rayon dans le plan méridien.
 - Et que l'on graphe l'erreur latérale (X) en fonction de la position du rayon dans le plan sagittal à la pupille.

Les aberrations transverses

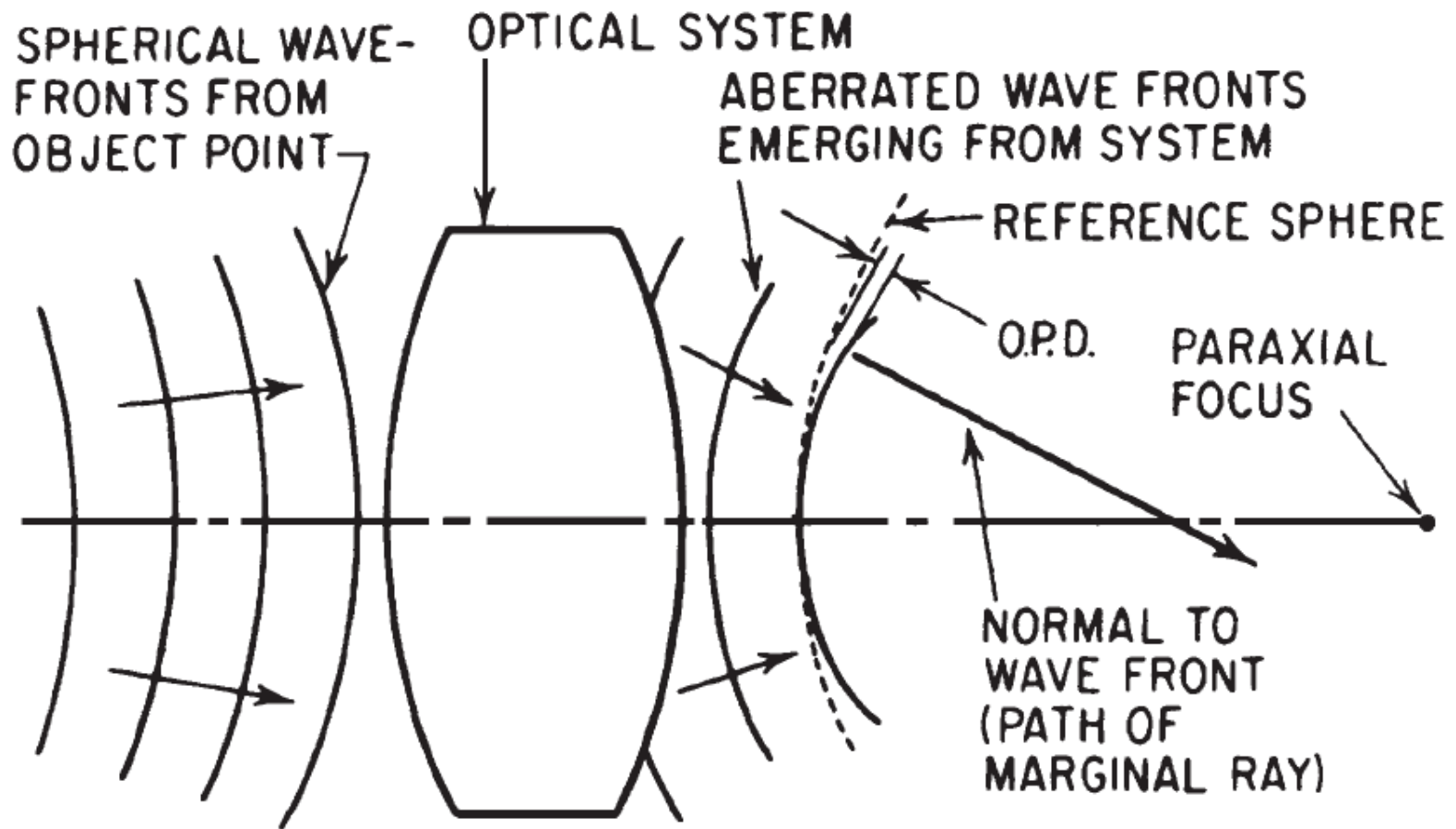


Extrait du user guide de WinLens:

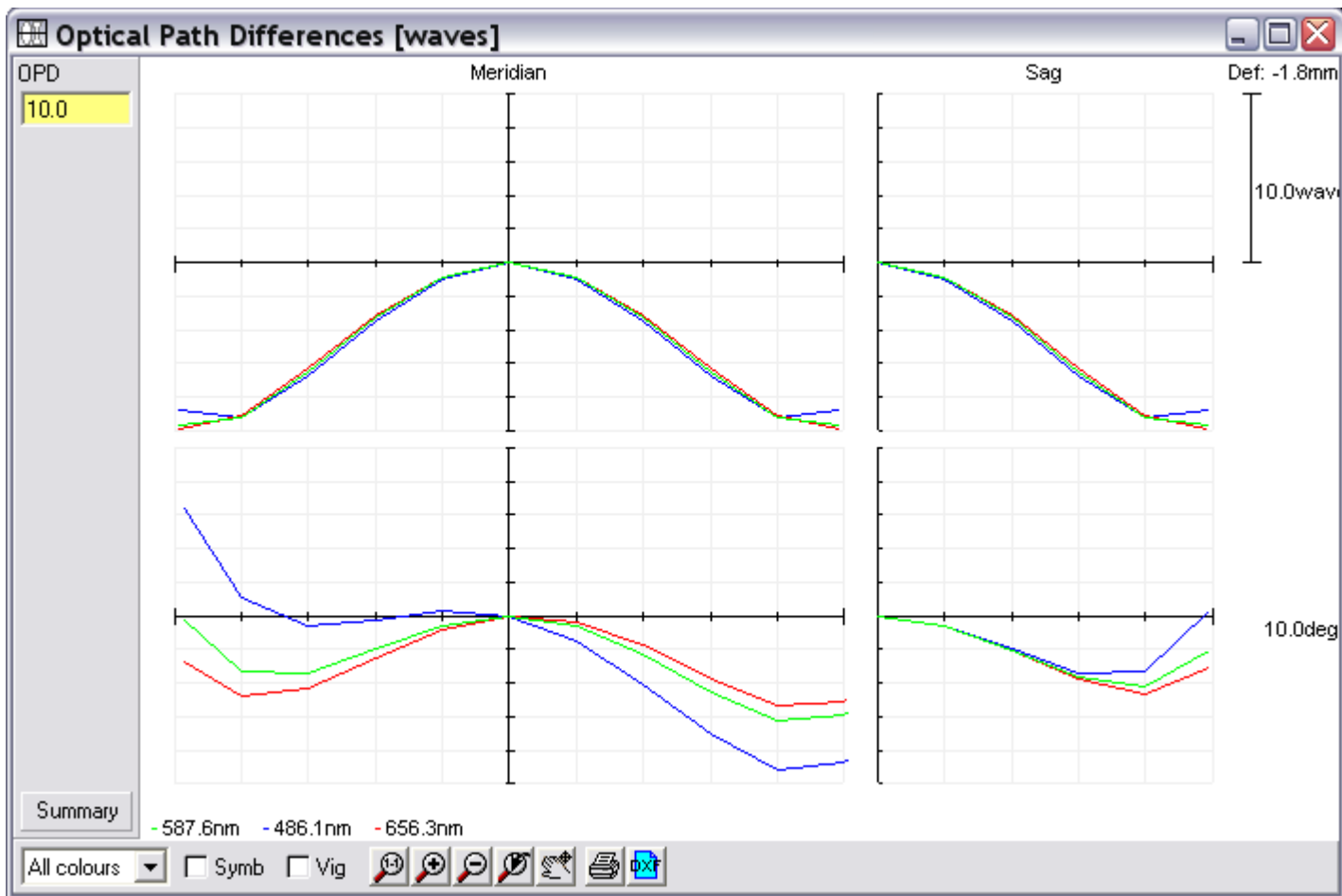
On both sets of graphs the horizontal axis represents the normalised aperture co-ordinate (rays passing through aperture below optical axis on the left], whilst the vertical is the actual aberration. Thus the graphs indicate the variation of aberration with aperture.

La différence de chemin optique

1. On peut décrire les aberrations en se souvenant qu'un système stigmatique va faire converger tous les rayons sur le point objet, en créant un front d'onde (ou surface d'onde) sphérique.
2. Les écarts à cette sphère peuvent être décrits soit dans des courbes en fonction de la position dans la pupille (X-Y) soit comme des surfaces qui couvrent toute la pupille.

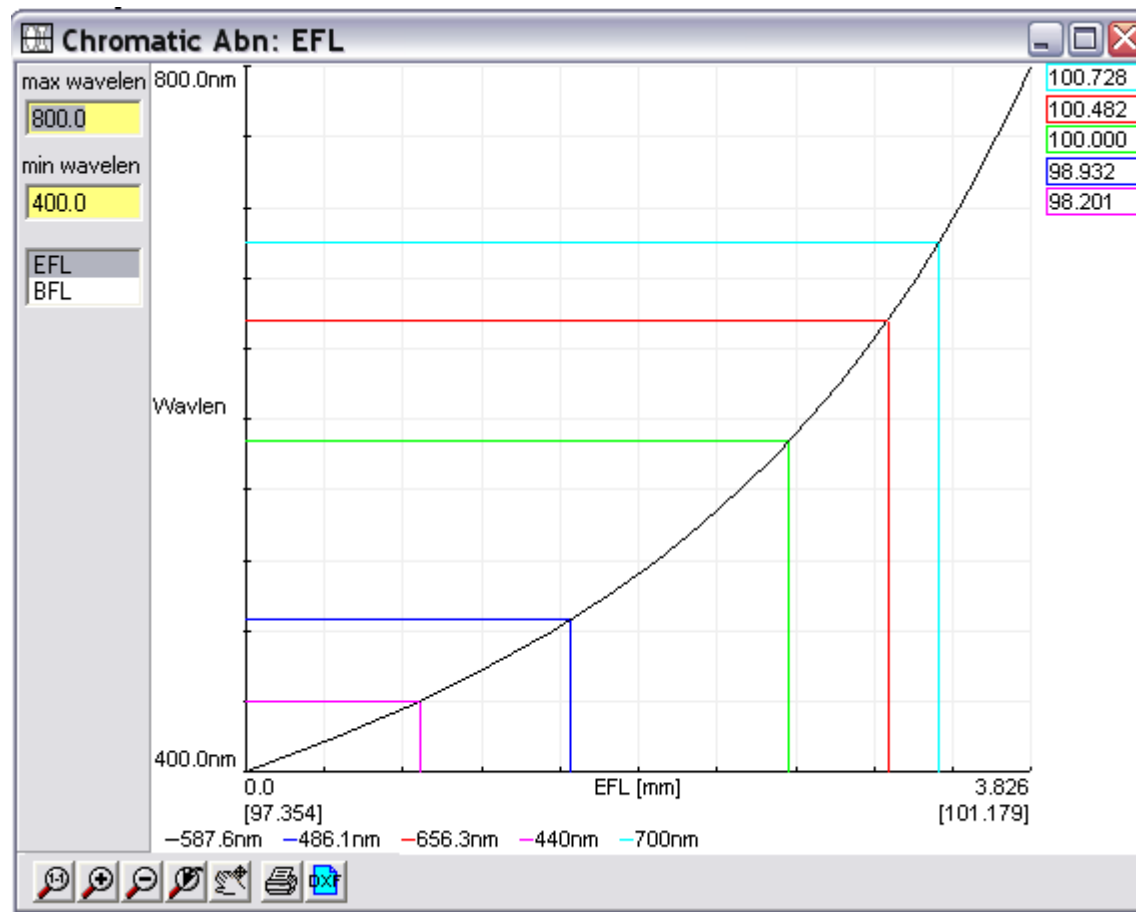


Cette méthode est la préférée quand on travaille avec des systèmes de haute précision.



Aberration chromatique

Ce diagramme donne la focale du système (sur l'axe horizontal) en fonction de la longueur d'onde.



- Règle d'or quand on utilise un logiciel de simulation optique

L'étude de tout système devrait commencer par un dimensionnement avec l'approximation paraxiale.

WinLens

Optical Design Software

WinLens Plus: Zoomlens. 4.0f=29.95 mm F: Lens Library 2002\LIBRARY\Zoom_Lenses\WLZOOM_002.SPD

File Edit View Tables Graphs Transmission Engineering Database Optimise Options Window Help

Auto Update Use Update

MF: 857.3 | MF concn: 844.1

System Parameter Editor: Zoom 1 of 4

Main Conjugates Aperture Field Waveband Obj/Img

Object Distance: INFINITY

Stop Rad: 10.0

|Object Angle| (deg): 33.0

Title: Zoomlens. 4.0f=29.95 mm

All zooms: Lens Drawing

current Z [1]: MTF vs Field

F/# defn: F/4.5

Summary

Def. 0.0mm

1.265

1.898

3.795

White

current Z [1]: Glass Map

21

Scales...

1.4

95.0

200

Optimisation merit function

Show	Defect Name	In	Zin #	Defect (Actual)	<	Defect Target	DfI (µm)	Tolerance ±	Relative Defect	Percent contribution
Delete	24 TRA-R	✓	2	0.0081	=	0.0000	0.0081	0.0250	0.3244	0.0123
Vary	25 TRA-R	✓	2	0.0101	=	0.0000	0.0101	0.0156	0.6437	0.0483
Notes	26 TRA-R	✓	2	0.0069	=	0.0000	0.0069	0.0250	0.2756	0.0083
Zooms	27 TRA-R	✓	2	0.1971	=	0.0000	0.1971	0.0250	7.8827	7.2477
Waves	28 TRA-R	✓	2	0.1257	=	0.0000	0.1257	0.0156	8.0452	7.5493
Surfs	29 TRA-R	✓	2	0.0435	=	0.0000	0.0435	0.0250	1.7406	0.3534
Groups	30 TRA-R	✓	2	0.0579	=	0.0000	0.0579	0.0250	2.3165	0.6260
Flags	31 TRA-R	✓	2	0.0368	=	0.0000	0.0368	0.0156	2.3559	0.6474
Dein's	32 TRA-R	✓	2	0.0133	=	0.0000	0.0133	0.0250	0.5322	0.0330
Toolbar	33 TRA-R	✓	2	0.0239	=	0.0000	0.0239	0.0250	0.9547	0.1063
Variables	34 TRA-R	✓	2	0.0110	=	0.0000	0.0110	0.0156	0.7025	0.0573
	35 TRA-R	✓	2	0.0177	=	0.0000	0.0177	0.0250	0.7096	0.0587
	36 TRA-R	✓	2	0.3315	=	0.0000	0.3315	0.0250	13.2588	20.9052

MF working: 857.3

No changes to glasses in syst

Control lower edge thicknesses Keep glasses within glass map

Obj: New Delocus Power: component 1 Bend: component 2 Power: component 5 Slide: component 3 Undefined Slider

Procédure

- Télécharger et installer Winlens
- Poser quelques paramètres généraux (juste pour commencer ...)
 - Objet à -1000 (mm)
 - Champ de l'objet: 5 deg
 - Diaphragme de diamètre 20 mm \rightarrow rayon=10
- Définir une lentille
 - Il peut convenir de partir d'un modèle LINOS présent dans le database
 - Exemple lentille microB $f=100$ \rightarrow no. 063047000
(avec F12 on pourra aussi l'éditer)
 - Calcul paraxial
 - Observer le dessin du système et jouer avec les divers paramètres
 - Observer les aberrations transverses, chromatiques, etc., ...
- Ajouter une lentille microB $f=150$ \rightarrow no. 063048000 à une séparation de 125 mm.
 - Observer les changements, par exemple l'aberration chromatique.
 - Reproduire l'expérience du TP1 avec un grandissement de -8.
 - Tracer les plans principaux,

Un autre cas: télescope à miroirs

Reprenons l'exercice déjà fait pour un télescope rudimentaire:

- Deux miroirs sphériques distants de 75 cm:
- Primaire (M1) rayon de courbure $R1 = 200$ cm, diamètre = 5 cm
- Secondaire (M2) $R2 = -66$ cm, diamètre 10 cm
- Paramètres généraux
 - Objet à l'infini
 - Champ de l'objet: 0.5 deg
 - Diaphragme de diamètre 50 cm -> rayon=25
- Faire le calcul paraxial
 - Observer le dessin du système et jouer avec les divers paramètres
 - Observer les aberrations transverses, chromatiques, **spot diagram**, etc.
- Transformer les miroirs de sphérique à parabolique, respectivement hyperbolique.
 - Observer le **spot diagram**, etc. ...