

## LUNETTES ASTRONOMIQUES (REFRACTEURS)



*Lunettes de Galilée (1609)*

### Lunette 1

- Système afocal (tube principal en 2 sections avec oculaire + objectif)
- Objectif biconvexe -  $D = 51\text{mm}$
- $F = 1330\text{mm}$   $F/D: 26$
- Oculaire plan-concave  $d = 26\text{mm}$  et  $f = -94\text{mm}$  (lentille divergente)
- Champ visuel:  $15'$
- Grossissement  $F/f: 14x$

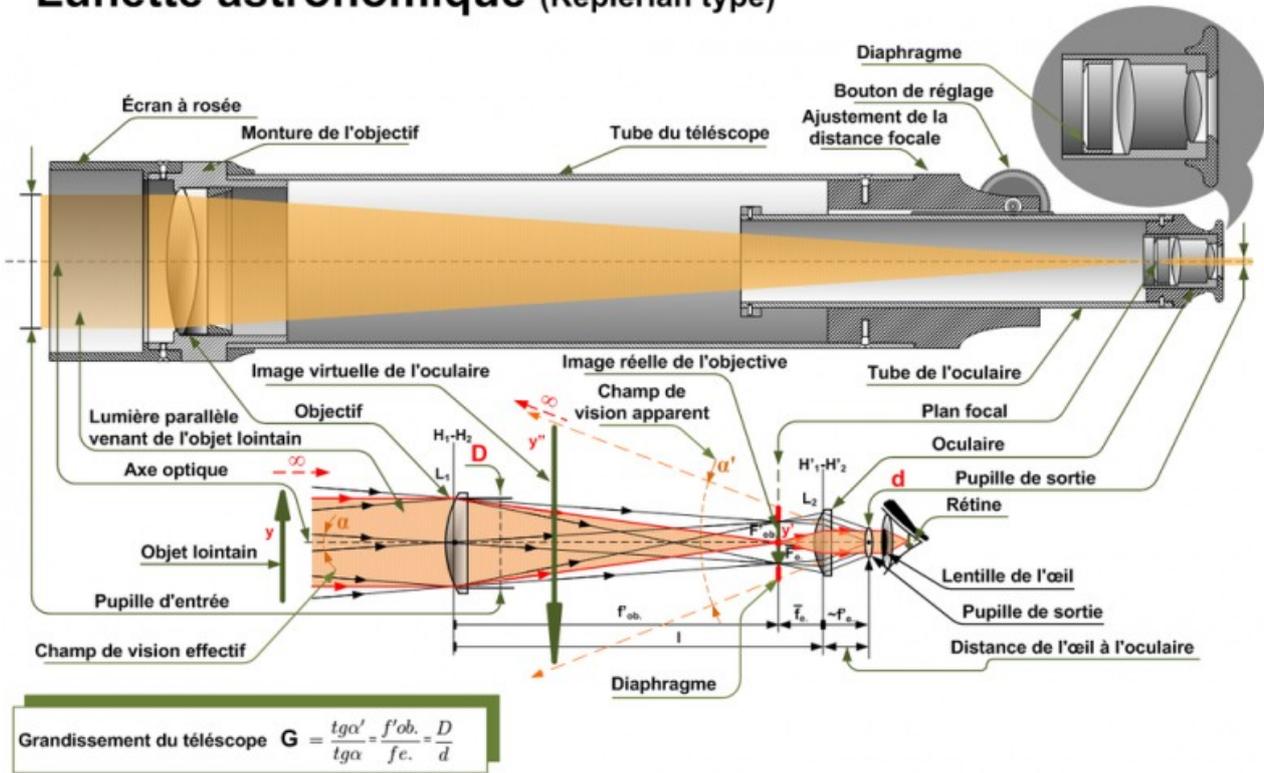
### Lunette 2

- Objectif plan-convexe -  $D = 37\text{mm}$
- $F = 980\text{mm}$   $F/D: 26$
- Oculaire de remplacement biconcave  $d = 22\text{mm}$  et  $f = -47,5\text{mm}$
- Champ visuel:  $15'$
- Grossissement  $F/f: 21x$

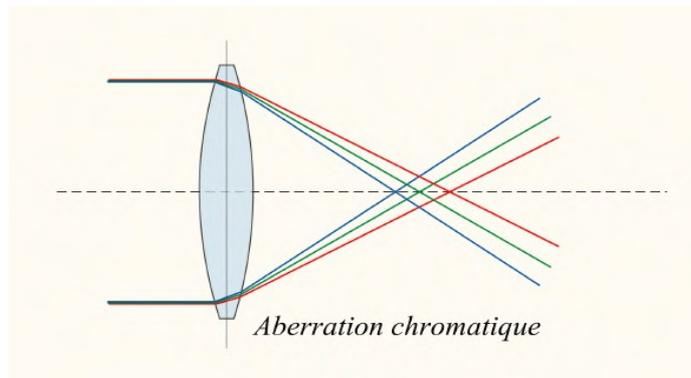


## Les lunettes achromatiques (ou achromats)

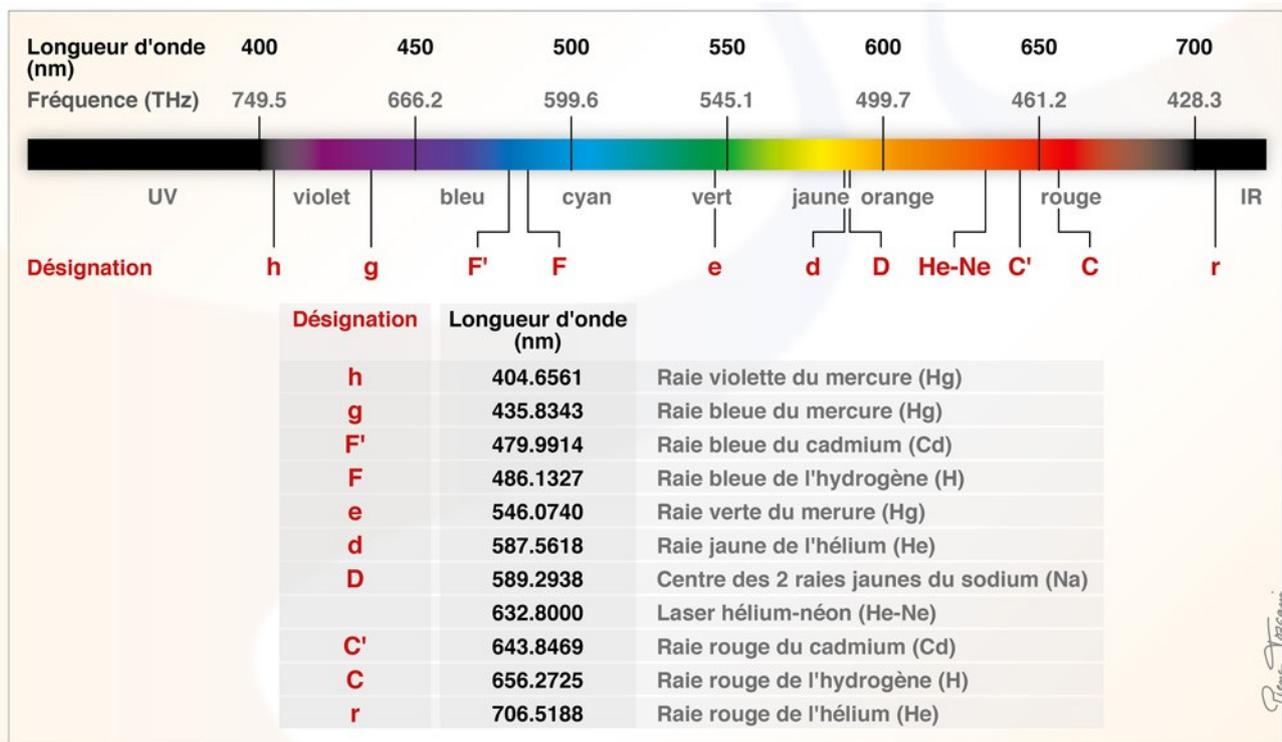
### Lunette astronomique (Keplerian type)



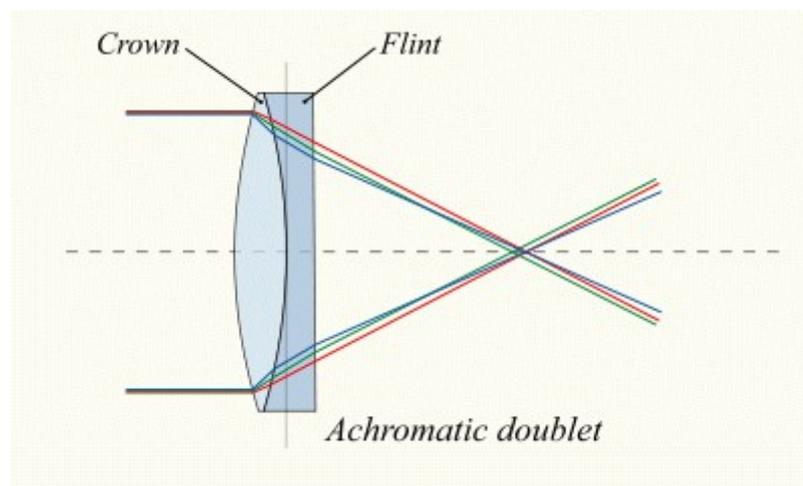
Draw design by - Szócs Tamás (tamasflex)



Simple lentille convergente à 2 faces convexes  
(loupe → dispersion)



- Objectif en **doublet** = 1 lentille concave "**Flint**" + 1 lentille convexe "**Crown**" collées ensemble (Chester Moore Hall, 1730; John Dollong, 1758)



→ alignement raies **bleue** et **rouge**

- Verres optiques **très réfringents** (déviation en fonction de  $\lambda$ )
- Flint: oxyde de Pb + La, Ba, Ti... (Abbe & Schott)

*Dispersion verre Flint = 2x dispersion verre Crown*

→ Correction **partielle** des aberrations chromatique (et sphérique)

- 1ère solution: un rapport F/D élevé...



Grande lunette de Yerkes inaugurée en 1897 (F= 19m et D= 1,02m)

...mais un diamètre limité à 12cm jusqu'au XIX<sup>ème</sup> siècle!

## The Classical Achromat



Equivalent Chromatic Aberration of Achromatic Refractors

obj/mm	obj/in.	F	O	C	A	L	R	A	T	I	O			
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	18	20
60mm	2.36	1.27	1.69	2.12	2.54	2.966	3.39	3.81	4.24	4.66	5.08	6.36	7.63	8.47
70mm	2.75	1.09	1.46	1.8	2.18	2.54	2.9	3.27	3.63	4	4.36	5.45	6.54	7.27
80mm	3.14	0.96	1.27	1.59	1.91	2.229	2.55	2.87	3.18	3.5	3.82	4.78	5.73	6.37
90mm	3.54	0.85	1.13	1.41	1.69	1.977	2.26	2.54	2.82	3.11	3.39	4.24	5.08	5.65
100mm	3.93	0.76	1.02	1.27	1.53	1.781	2.04	2.29	2.54	2.8	3.05	3.82	4.58	5.09
120mm	4.72	0.64	0.85	1.06	1.27	1.483	1.69	1.91	2.12	2.33	2.54	3.18	3.81	4.24
127mm	5	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	3	3.6	4
152mm	6	0.5	0.67	0.83	1	1.167	1.33	1.5	1.67	1.83	2	2.5	3	3.33

- Conrady standard CA ratio > 5
- Sidgwick standard CA ratio > 3
- 5" f/9 equivalent CA ratio > 1.78
- 6" f/8 equivalent CA ratio > 1.25

Visual levels of Chromatic Aberration

- Minimal or no CA
- Filterable levels of CA
- Unacceptable levels of CA

f/ratio divided by objective diameter in inches = CA ratio

False color levels for different apertures and focal ratios (Image Credit: Chris Lord)

- Instruments de **découverte de l'astronomie visuelle (lunaire, planétaire)**
- Modèles motorisés/informatisés disponibles
- **Instruments simples** à construire et relativement **peu coûteux**
- Montage sur montures légères (Alt-Az ou équatoriales EQ1 à EQ3)
- **60 à 90mm de diamètre**
- **10 < F/D < 12** (correction minimale: longueur focale = 12x diamètre)

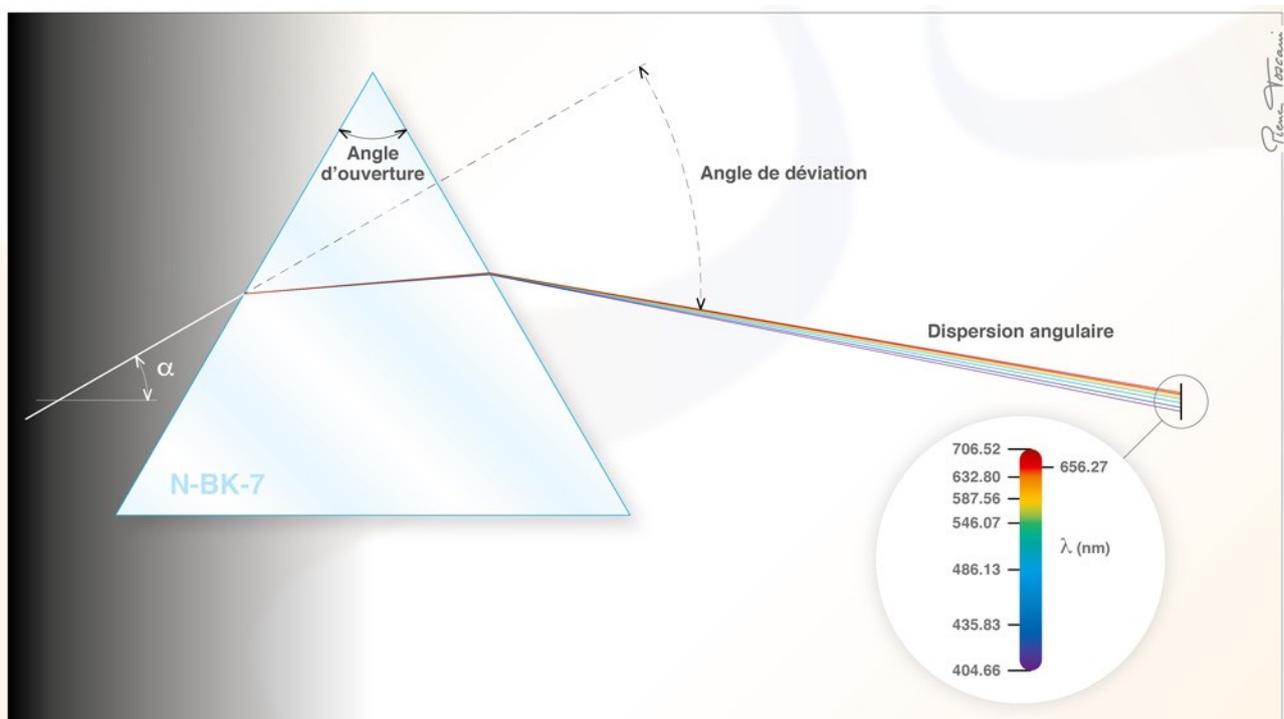


## Les lunettes semi-apochromatiques ou ED

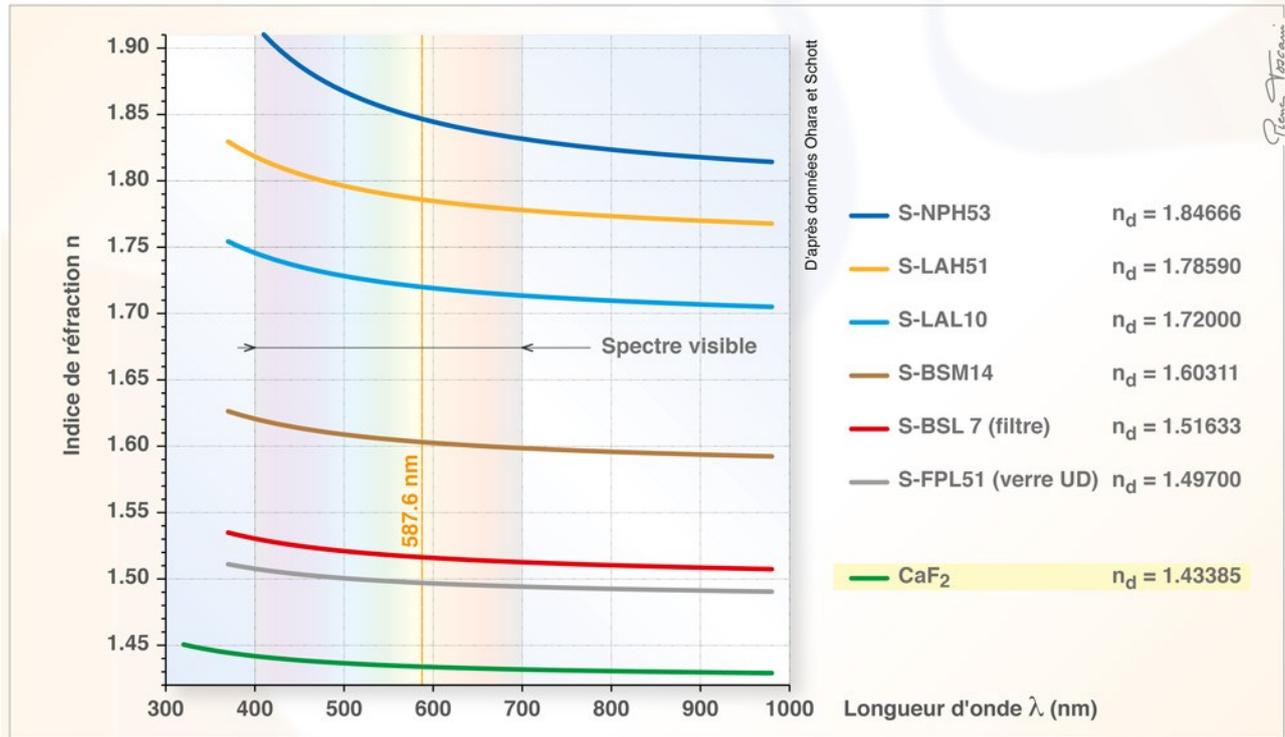
- Amélioration de la **qualité du verre optique** utilisé pour la confection des lentilles
  - *pureté des constituants, précision du dosage, traitement thermique, rigueur de fabrication...*
- Verre à **très faible dispersion** (*Extreme low Dispersion*) sur une des deux lentilles du doublet
- Propriétés essentielles: **indice de réfraction ( $n_d$ )** et **constringence ( $v_d$ )**

Milieu transparent:  $n_d = c/v$

Indice de réfraction  $n_d = f(\text{longueur d'onde } \lambda)$



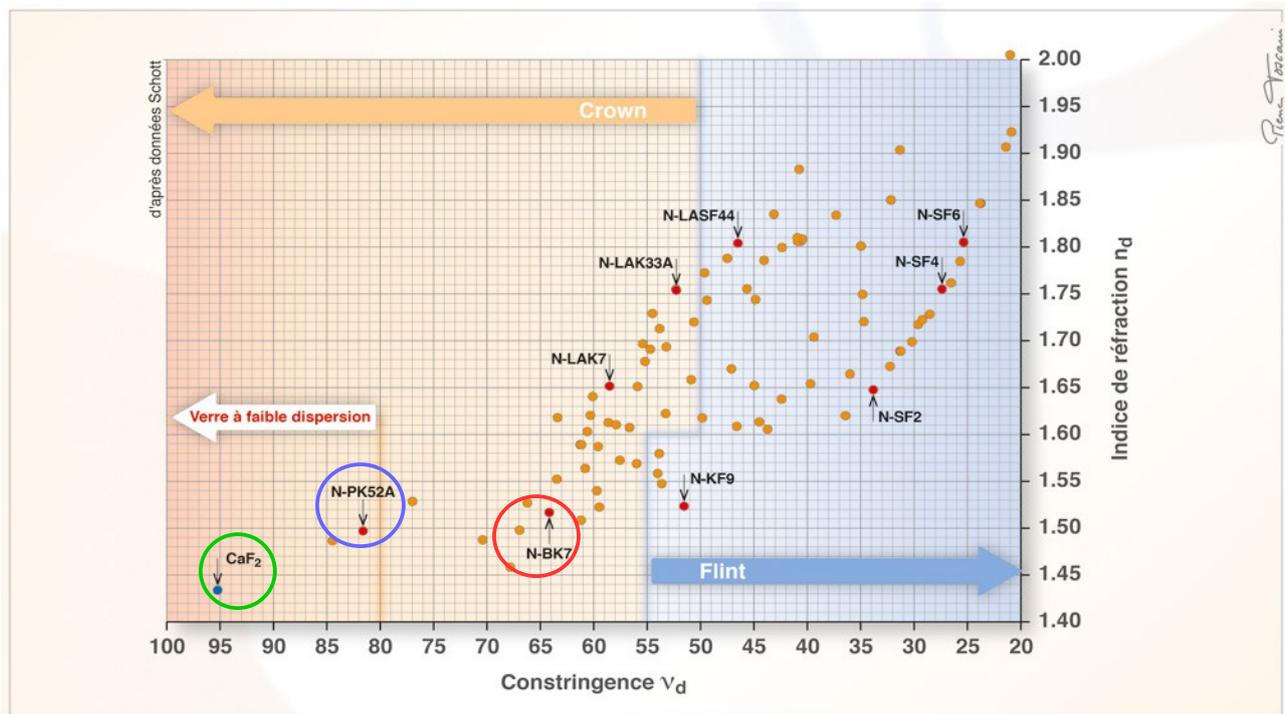
- Différents types de verre (LD, UD, ED)



- Vergence d'une lentille =  $f(n_d) \rightarrow$  distance focale spécifique
- **Constringence  $v_d$** : mesure de la **dispersion principale**

pour un verre donné:  $v_d = n_d - 1 / (n_F - n_C)$

$n_F$ : raie bleue de l'hydrogène ou du cadmium  
 $n_C$ : raie rouge de l'hydrogène ou du cadmium



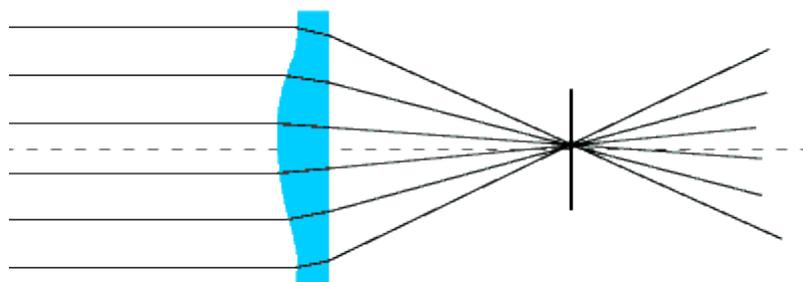
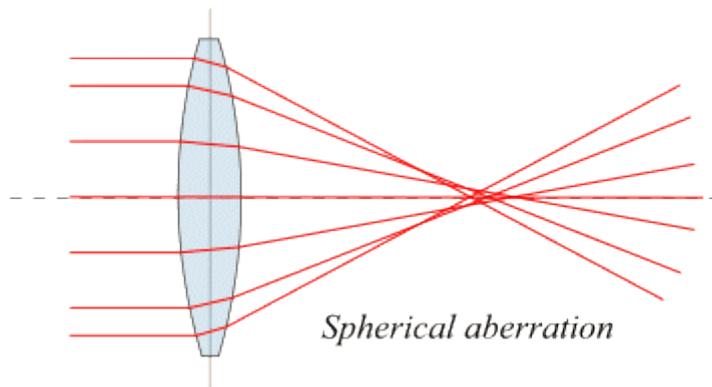
- $v_d$  = Nombre d'Abbe

Producteur	Désignation	Indice de réfraction	Constringence
	CaF <sub>2</sub> (fluorine)	1,43385	95,23
Ohara	S-FPL51 (Canon UD)	1,4969993	81,54
Ohara	S-FPL53	1,4387504	94,93
Schott	N-PK52A	1,4970000	81,61
Schott	N-FPK51A	1,48656	84,47
Hikari	E-FK01 (Nikon ED)	1,4970	81,64
Hikari	E-FKH1 (Nikon ED)	1,49782	82,52
Hikari	E-FKH2	1,4560	91,31
Sumita	K-PFK80	1,4970	81,5
Sumita	K-PHK85 Aporon	1,48563	85,2
Sumita	K-PFK90	1,4588	90,0
Sumita	K-CaFK95 Photaron	1,43425	95,0
Hoya	FCD1	1,4970	81,61
Hoya	FCD10	1,4565	90,27

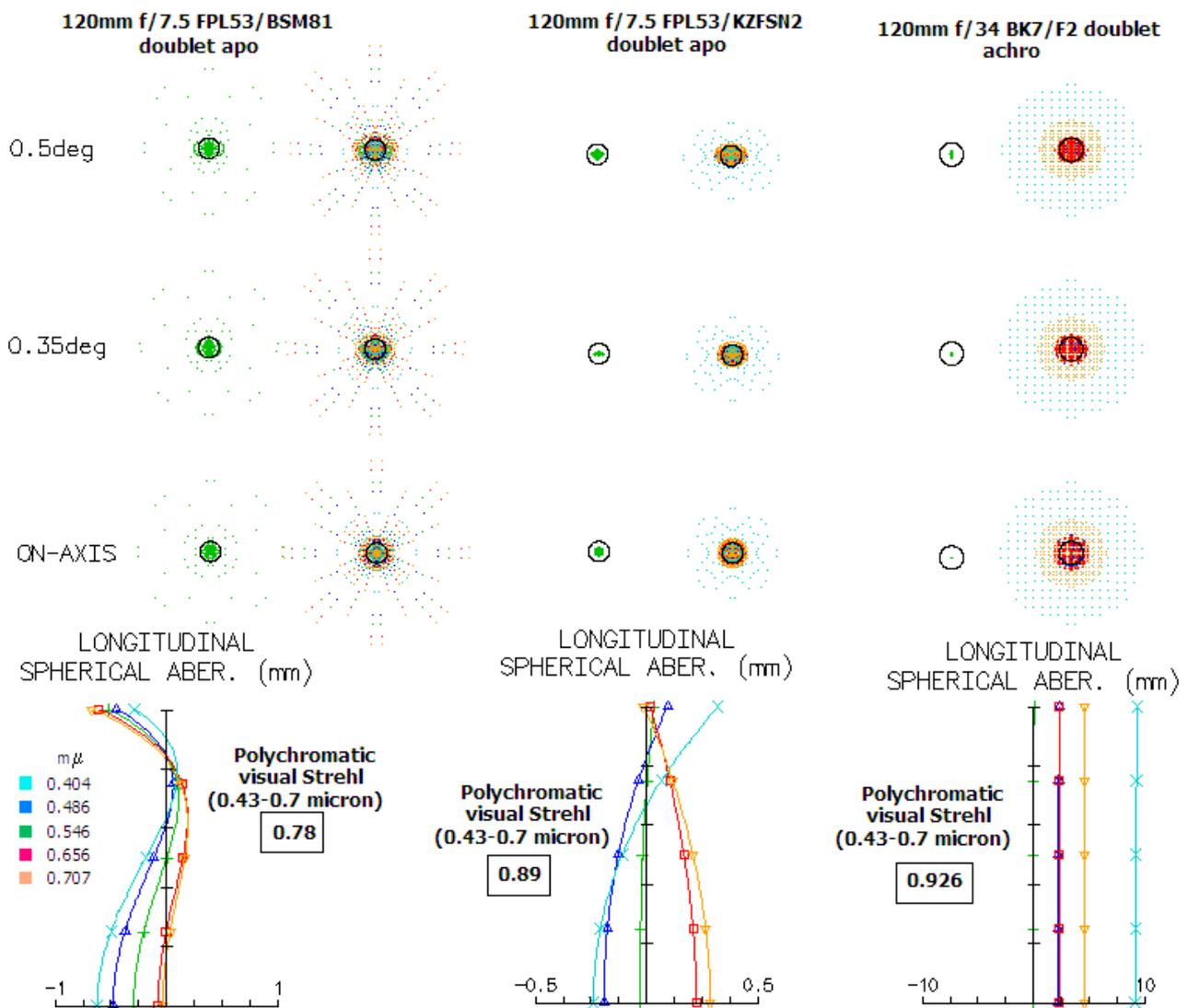
Faible indice de réfraction  
+  
Forte constringence

} Faible Dispersion chromatique

- Correction de la **sphéricité**



Utilisation de lentilles **asphériques**



### En résumé:

- Doublet à lentilles asphériques incluant verre Crown à  $80 < n_d < 95$
- Très bon piqué d'image et contraste
- construction + solide
- Accessoires de meilleure qualité
- Coût intermédiaire entre achromats et apos; Bon rapport qualité/prix
- instruments polyvalents (F/D: 7) pour le visuel
- Forts grossissements possibles pour le planétaire (avec F/D élevé)
- Capacité en astrophoto CP avec réducteur/aplanisseur dédié
- instruments très compacts et légers comme astrographes (F/D: 5 à 6)
- Chromatisme résiduel très limité (filtrable)



Sky-Watcher Esprit 120 Triplet ED 120-840 (F/D: 7)

## Les lunettes apochromatiques (Apos)

- Conception du bloc optique: **triplet asphérique au minimum**
- Verres à très faible indice de réfraction (FPL-53/Lanthane ou  $\text{CaF}_2$ )
- Fluorite: thermiquement instable et difficile à tailler/polir (fragile) → utilisation de verres ED
- Construction tube: alu ou **carbone**
- Accessoires de **haute qualité**: anneaux CFC; viseur optique de grandes dimensions; porte-objectif > 2,5 pouces compatible avec capteurs plein format; MAP démultipliée sur rail de guidage/crémaillère (TS, Baader ou Feather Touch)
- 3 familles: **tubes courts** (lunettes de voyage type 80/400 - F/D:5); **gros diamètres** (130mm ou plus); **astrographes spécialisés**

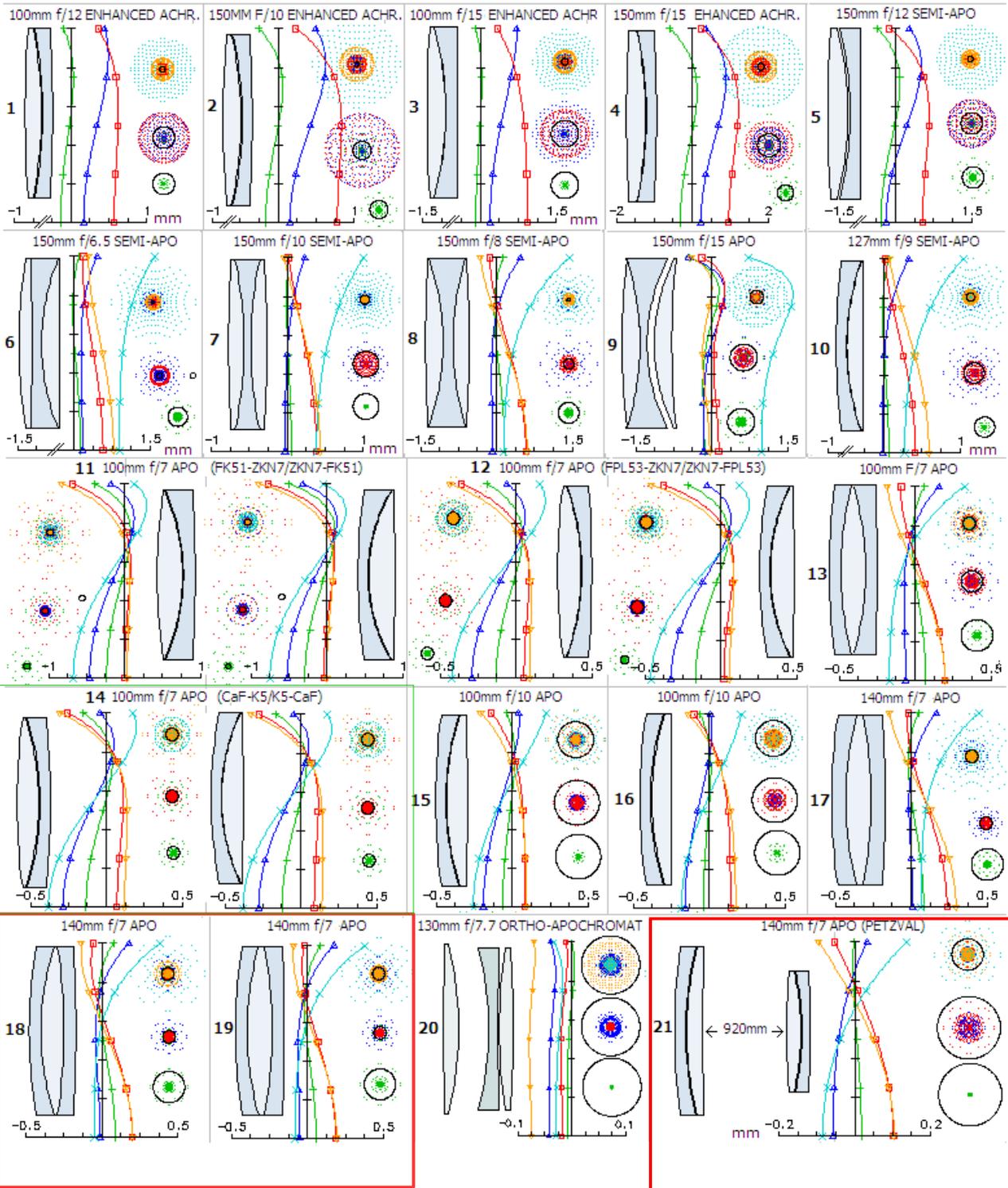


Perl-Vixen Quadruplet ED 103-825mm (F/D: 8)



Askar FRA Quintuplet ED 72-400mm (F/D: 5,6)

$\lambda$  (nm): 707 (r) 656 (C) 546 (e) 486 (F) 436 (g) AXIAL RAY SPOT PLOT: TOP: r,C,e,F,g MID: C,e,F BOTTOM: e  
 □ Lower density glass □ Higher density glass



↑  
TRIPLETS

↑  
QUADRUPLLET

- Instruments très performants (piqué, contraste, quasi absence d'aberrations optiques)
- Recommandés pour le planétaire HR et l'astrophoto CP avec réducteur intégré
- Instruments très coûteux et volumineux/lourds pour les gros diamètres (>130mm)