

Concours de Conception Optique SFO 2017

L'objectif du Centenaire de l'Institut d'Optique

François Riguet^a, Thierry Lépine^b et Yan Cornil^c

^aSafran REOSC, Avenue de la Tour Maury, 91280 Saint-Pierre-du-Perray ;

^bInstitut d'Optique Graduate School et Laboratoire Hubert Curien, 18 Rue

Professeur Benoît Lauras, 42000 Saint-Étienne ;

^cLight Tec, Pôle d'Activités Hyérois, 1128 Route de Toulon, 83400 Hyères

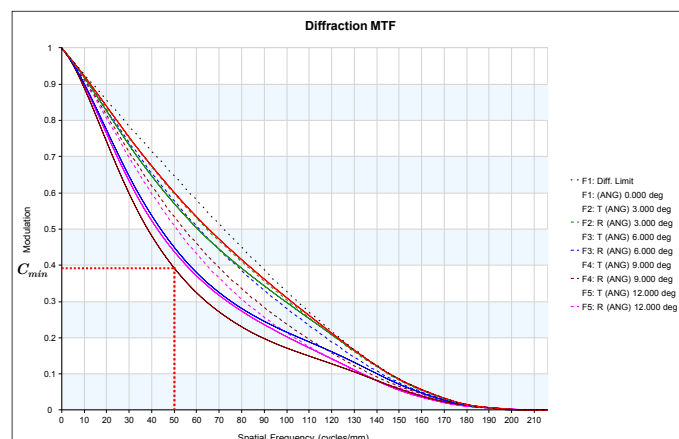
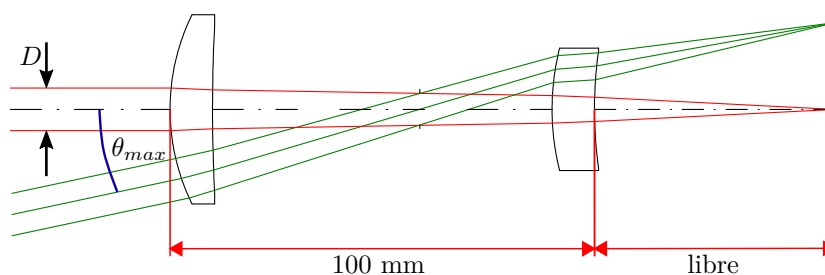
1. RÈGLES DU JEU

Le but est de concevoir un objectif d'imagerie en lien avec les 100 ans de l'Institut d'Optique et répondant aux contraintes suivantes :

- dioptrique, tout sphérique ;
- nombre de lentilles illimité ;
- diaphragme d'ouverture situé entre le premier et le dernier dioptre, il peut être confondu avec un dioptre ou bien être séparé ;
- longueur sur l'axe entre le premier et le dernier dioptre : 100 mm ;
- tirage image libre ;
- focale paraxiale : 100 mm ;
- masse de verre totale : 100 g ;
- tous les verres doivent être d'un même fabricant parmi Schott, Ohara, Hoya, CDGM et Hikari ;
- objet à l'infini ;
- plan image *plan* ;
- longueurs d'onde : 400, 500, 600, 700, 800 nm (pondération de 1 pour chacune) ;
- pas de vignettage.

La fonction de mérite est donnée par le produit des paramètres suivants :

- diamètre de la pupille d'entrée (mm), D ;
- demi-champ maximal ($^{\circ}$), θ_{max} ;
- contraste minimum, C_{min} , pour tous les champs en sagittal et tangentiel, à 50 paires de lignes par millimètre (mire sinusoïdale), cinq champs équi-répartis sont considérés, de l'axe vers le champ maximal.



Le but est donc de maximiser l'ouverture et le champ tout en gardant une bonne qualité image, et en visant la masse de 100 g.

Pour ne pas fausser le calcul, le contraste à 50 pl/mm ne doit pas correspondre à un rebond de la courbe de FTM.

L'optimisation peut être faite sous n'importe quel logiciel (Code V, Zemax, Oslo...), mais l'évaluation de la fonction de mérite sera quant à elle faite avec Code V. Il est interdit d'utiliser un algorithme d'optimisation globale (dont Hammer dans Zemax), l'objectif n'étant *pas* de laisser la machine faire le gros du travail.

Toutes les formules sont normalisées sur le critère de masse (la formule optique proposée doit tout de même être proche des 100 g). Si la masse ne vaut pas exactement 100 g, le diamètre de la pupille d'entrée et le demi-champ maximal sont multipliés par un même coefficient (inférieur à 1 si la formule optique est légèrement trop massive, supérieur à 1 dans le cas contraire), de façon à ce que l'option WEI(ght) de Code V affiche 100 g.

Il est inutile de fixer manuellement les ouvertures des lentilles pour obtenir les 100 g, celles-ci sont supprimées et calculées automatiquement lors de l'évaluation de la fonction de mérite.

Pour la longueur sur l'axe et la focale paraxiale, l'erreur tolérée est de $\pm 0,01$ mm.

2. PARTICIPANTS

2.1 Catégorie Étudiant

Participant	Formation	Logiciel
Simon CHARRIÈRE	IOGS SAINT-ÉTIENNE	ZEMAX
Joffrey DELBORT	IOGS SAINT-ÉTIENNE	ZEMAX
Louis DUVEAU	IOGS SAINT-ÉTIENNE	ZEMAX
Cyprien MULLER	IOGS SAINT-ÉTIENNE	ZEMAX
Séverine PONS	POLYTECH PARIS-SUD	CODE V
Aomar TAMEK	IOGS SAINT-ÉTIENNE	ZEMAX

TABLE 1. Liste des participants de la catégorie Étudiant.

2.2 Catégorie Pro

Participant	Institution	Logiciel
Cyril AUTOURDE	CILAS	ZEMAX
Alexandre BOUÉE	SAFRAN REOSC	CODE V
René BRUN	Retraité CNRS - LAM	ZEMAX
Françoise CAU	SAFRAN E&D	CODE V
Bruno CHASSAGNE	ALPHANOV	ZEMAX
Jacques DALMAU	SOPHIA CONSEIL	ZEMAX
Jacques DEBIZE	Retraité THALES ANGÉNIEUX	ZEMAX
Frédéric DUVAL	SAFRAN E&D	OSLO
Damien GAWRON	SAFRAN E&D	CODE V
Roland GEYL	SAFRAN REOSC	ZEMAX
Quentin KUPERMAN	LIGHT TEC	CODE V
Houssine MAKHLOUF	SAFRAN REOSC	CODE V
Laurent PARÈS	IRAP - OMP	ZEMAX
Bertrand PLAINCHAMP	SAFRAN REOSC	CODE V
François RIGUET	SAFRAN REOSC	CODE V
Hervé SAUER	IOGS	CODE V
Jean-François TANNÉ	SAFRAN E&D	CODE V
Dmitriy VORONTSOV	LIGHT TEC	CODE V

TABLE 2. Liste des participants de la catégorie Pro.

IOGS : INSTITUT D'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL.

SAFRAN E&D : SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE.

3. QUESTIONS - RÉPONSES

Diverses questions ont été posées durant le concours, les voici avec les réponses associées :

Peut-on utiliser un diffractif ?

Non, que du dioptrique sphérique réfractif.

Puis-je changer la température de mon système, voire introduire des gradients de température ?

Non.

Puis-je immerger tout ou partie de mon système dans autre chose que de l'air ?

Non.

Ai-je droit aux réflexions totales internes ?

Non.

Le système doit-il être de symétrie de révolution ?

Oui. En clair : on veut un objectif type appareil photo (mais sans limite de champ). Aucune subtilité supplémentaire.

Tu veux que ton objectif soit achromatique à 10 μm sur la gamme spectrale ? C'est ça ta spec « focale paraxiale, erreur tolérée est de $\pm 0,01 \text{ mm}$ » ?

Bonne remarque, la focale paraxiale doit être calculée à 600 nm (longueur d'onde de référence dans Code V). Aucune contrainte sur le chromatisme, celui-ci est directement considéré dans le critère de contraste.

Les verres utilisés doivent-ils être disponibles ?

Si possible, mais cet aspect ne sera pas vérifié (trop de taf si nous avons 150 formules à vérifier).

Peut-on mettre des lentilles collées ?

Oui, les doublets, triplets... n -plets sont autorisés.

Le CaF_2 et le ZnS sont-ils considérés comme des « verres » éligibles ?

Non, car ils ne font pas partie des catalogues spécifiés.

Le système doit-il être réalisable (épaisseur minimale des lentilles au centre comme au bord, doublets non collés avec des rayons de courbure proches, etc...) ?

Il doit être « physiquement » réalisable, c'est-à-dire qu'il n'y ait pas de contraintes physiques empêchant sa fabrication. Donc :

- épaisseur nulle au bord : OK (mais pas négative!),
- épaisseur presque nulle au centre : OK,
- entreverre presque nul : OK,
- doublet non collé avec rayons de courbure proches : OK,
- distance entre deux lentilles nulle au bord : OK, mais prendre un peu de marge tout de même, car Code V ajoute automatiquement une marge et/ou une fermeture lorsqu'il dessine la formule optique.

Note : il était difficile de définir de nouveaux critères stricts alors que le concours avait démarré, ce qui explique l'aspect très permissif de la réponse. Les étudiants ont globalement fait l'effort de concevoir des solutions faisables.

Comment vas-tu gérer les lentilles « qui se rentrent dedans » à cause des diamètres automatiques de Code V ?

Mets suffisamment de marge entre tes lentilles pour qu'elles ne se rentrent pas dedans. Tu as Code V donc tu verras exactement ce que je vois, tu n'as donc aucune excuse...

Avons-nous droit aux verres qui ne transmettent pas tout à fait sur toute la bande spectrale ? Exemple pour le SF14 [...]

Oui, si la transmission n'est pas ridiculement faible. Ici le SF14 transmet 60%/cm, il est donc quand même un peu transparent). Par contre le SF14 n'est plus disponible, tu peux faire l'effort de prendre des verres actuels, et il n'y a pas que Schott dans la vie...

Pour les doublets, doit-on les définir en 3 surfaces ou pas ? Et s'il faut les définir en 4 surfaces, peut-on utiliser de la colle ?

Tu ne peux pas simuler la colle car cela ne correspond pas à un verre des catalogues. Donc soit tu mets $n+1$ dioptries pour un n -plet, soit tu mets des dioptries avec un léger écart d'air (dans ce cas on sort de la définition d'un n -plet). Tu n'as pas le droit aux réflexions internes et le vignettage doit être nul, donc avec un écart d'air il faut prendre soin de ne pas avoir de réflexion interne.

Ai-je le droit de découper mes lentilles en fines tranches (du même verre) pour gagner de la masse, ou est-ce de l'abus de droit ?

OK si tu les sépares par de l'air ou bien si les matériaux diffèrent d'un dioptre au suivant. Non si les dioptries sont collés et du même verre.

Il y a un écart de masse important (10 % voire plus) entre Zemax et Code V, comment gérer ça ?

Optimisez la masse à 100 g dans votre logiciel. Si ce problème s'avère déterminant dans le choix du vainqueur (les utilisateurs de Zemax ou autre pouvant être désavantagés), nous resterons sur la formule initiale sans normalisation, la masse des formules Zemax sera vérifiée au passage dans Zemax donc faites en sorte d'être proche des 100 g.

Si ce problème ne modifie pas le vainqueur, la normalisation de la masse sera appliquée dans Code V, et les utilisateurs de Zemax verront leur fonction de mérite un peu dégradée.

J'avais compris que l'encombrement MAX était de 100 mm.

Non, il faut un encombrement sur l'axe de $100 \pm 0,01$ mm, cette contrainte est la plus facile à satisfaire.

4. CLASSEMENT

Les paramètres D , θ_{max} et C_{min} sont arrondis dans les tableaux, le score peut donc être légèrement différent du produit des valeurs affichées.

4.1 Catégorie Étudiant

Rang	Participant	D	θ_{max}	C_{min}	Score
1	L. Duveau	25.88	12.11	0.7863	246.46
2	C. MULLER	18.75	18.75	0.6386	224.56
3	S. PONS	25.03	10.01	0.8277	207.40
4	S. CHARRIERE	31.21	7.49	0.6894	161.07
5	J. DELBORT	18.25	9.21	0.6211	104.41
6	A. TAMEK	23.63	9.45	0.1455	32.49

TABLE 3. Classement de la catégorie Étudiant.

Note : la normalisation de la masse dans Code V ne modifie pas le classement.

4.2 Catégorie Pro

Rang	Participant	D	θ_{max}	C_{min}	Score
1	D. Gawron	29.22	19.45	0.8149	463.32
2	F. DUVAL	31.00	16.60	0.7773	399.98
3	R. GEYL	38.32	10.20	0.8526	333.26
4	A. BOUEE	33.18	12.50	0.7964	330.32
5	L. PARES	26.72	13.27	0.7026	249.19
6	Q. KUPERMAN	22.91	15.94	0.6617	241.62
7	F. CAU	27.01	12.00	0.7302	236.71
8	JF. TANNE	26.15	15.09	0.5469	215.75
9	D. VORONTSOV	23.85	14.90	0.5244	186.40
10	C. AUTOURDE	21.20	11.98	0.6950	176.48
11	J. DEBIZE	22.99	11.04	0.6875	174.43
12	H. SAUER	24.01	12.00	0.5971	172.05
13	B. PLAINCHAMP	26.88	7.96	0.7678	164.39
14	H. MAKHLOUF	14.85	13.86	0.6655	137.05
15	J. DALMAU	12.43	24.37	0.4128	125.03
16	F. RIGUET	12.00	18.20	0.4579	100.00
17	B. CHASSAGNE	15.29	11.01	0.4887	82.30
18	R. BRUN	16.48	10.99	0.3241	58.66

TABLE 4. Classement de la catégorie Pro.

Note : la normalisation de la masse dans Code V modifie le classement pour les rangs 8 à 11. Avant normalisation on a respectivement : J. DEBIZE, JF. TANNÉ, C. AUTOURDE et D. VORONTSOV.

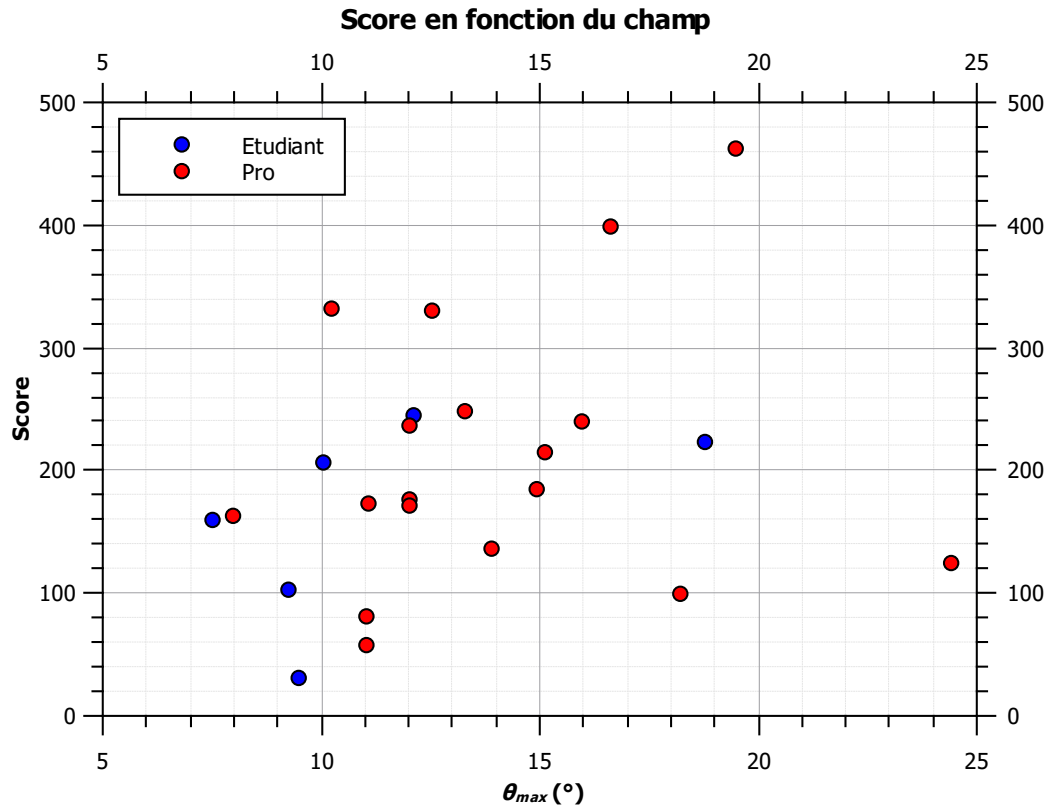
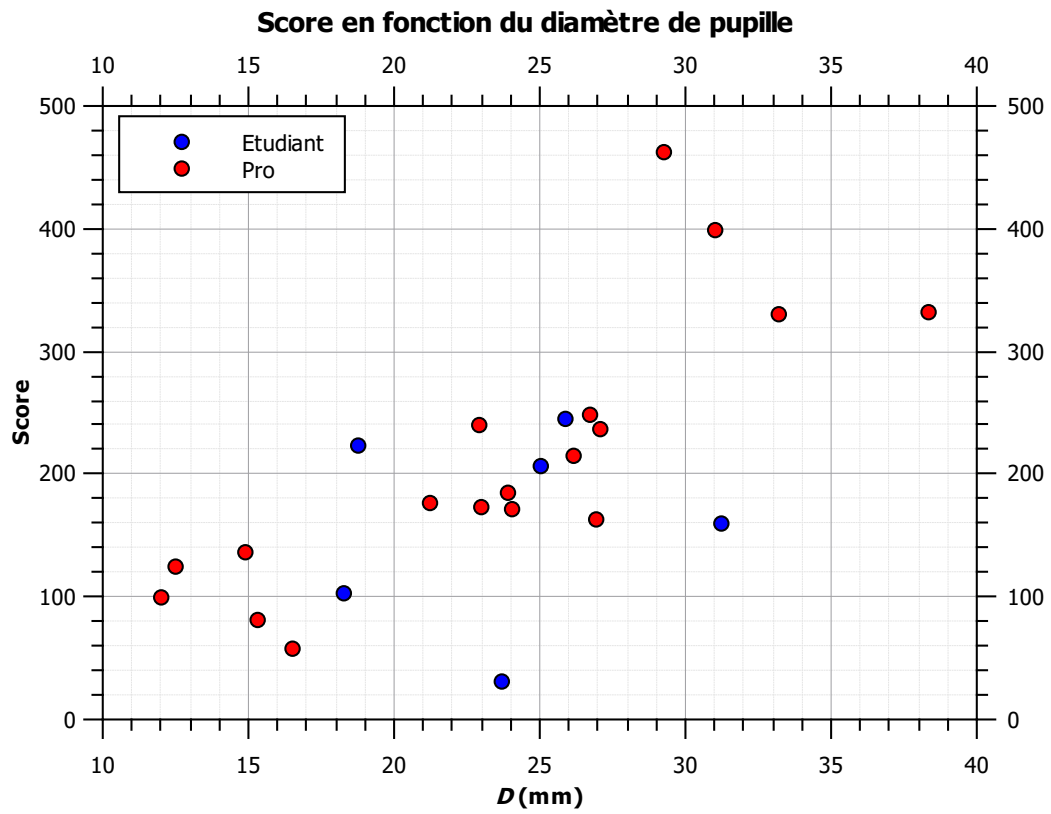
4.3 Classement par équipe

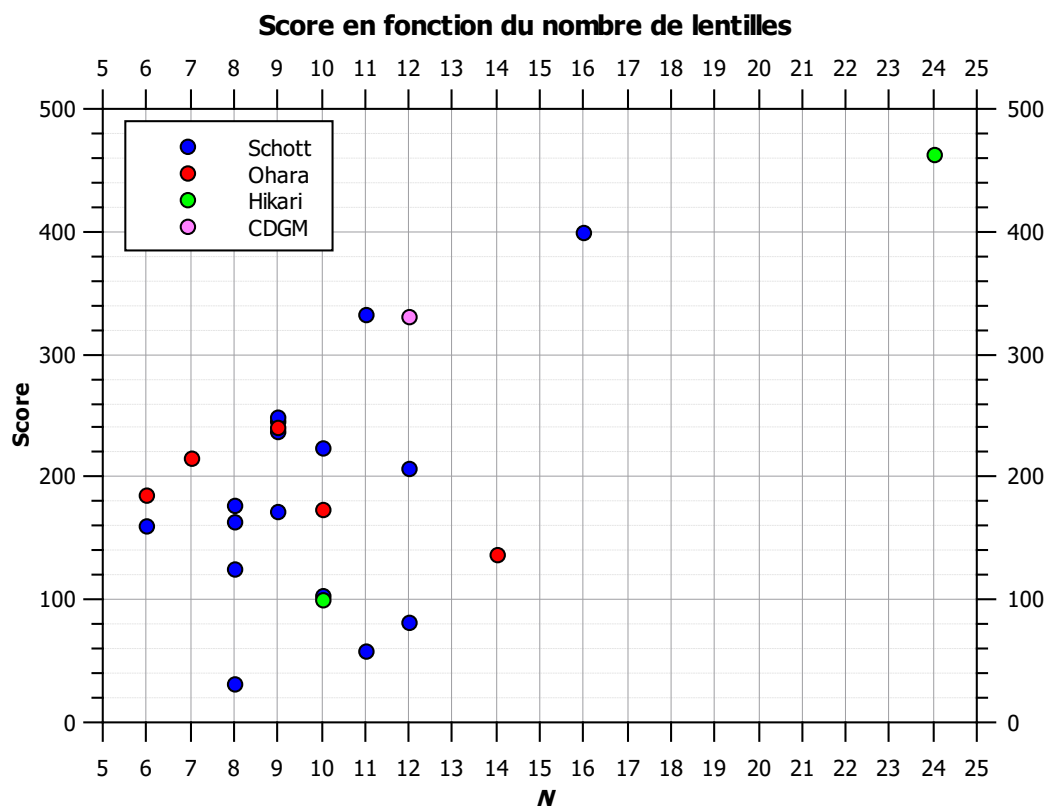
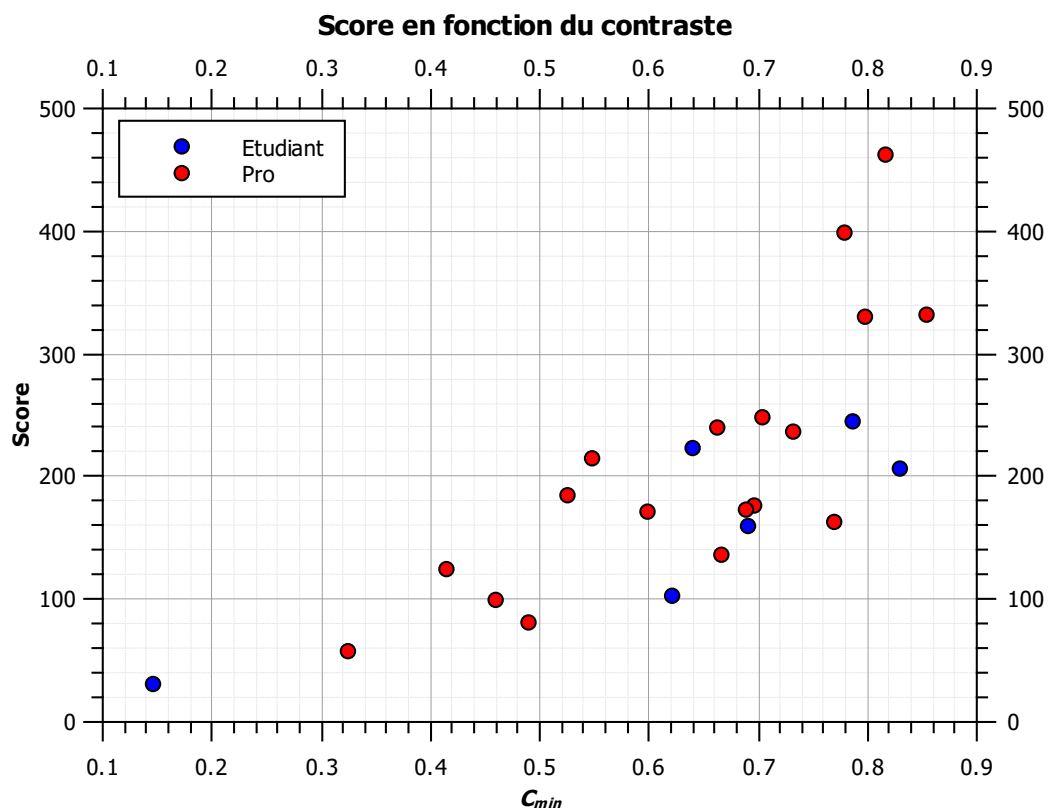
Ce classement est basé sur la moyenne des scores des candidats d'une même organisation.

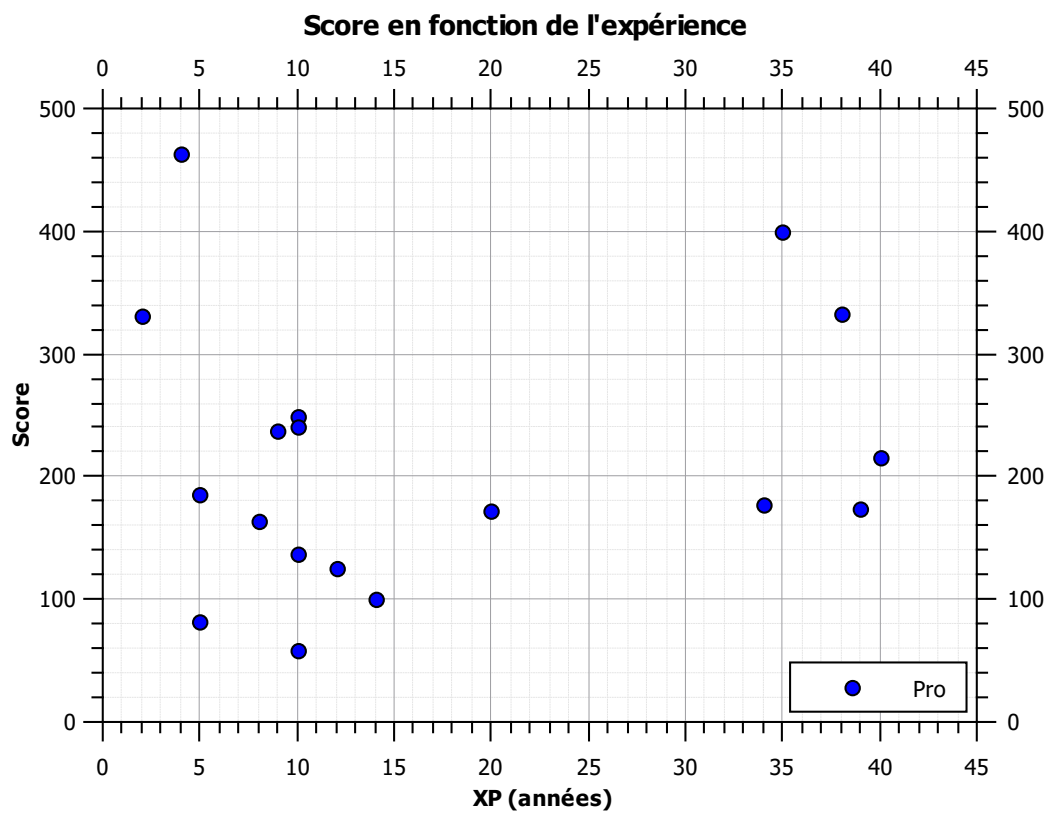
Rang	Équipe	Participants	Score moyen
1	SAFRAN E&D	4	328.94
2	LIGHT TEC	2	214.01
3	SAFRAN REOSC	5	213.00
4	RETRAITÉS	2	116.55

TABLE 5. Classement par équipe de la catégorie Pro.

5. STATISTIQUES







6. FORMULES OPTIQUES

Légende :

- m_0 : masse initiale de la formule reçue, telle que calculée par l'option WEI de Code V,
- α : coefficient pour obtenir la masse de 100 g.

Le coefficient α étant appliqué à D et θ_{max} , le produit $m_0 \times \alpha$ ne vaut pas nécessairement 100.

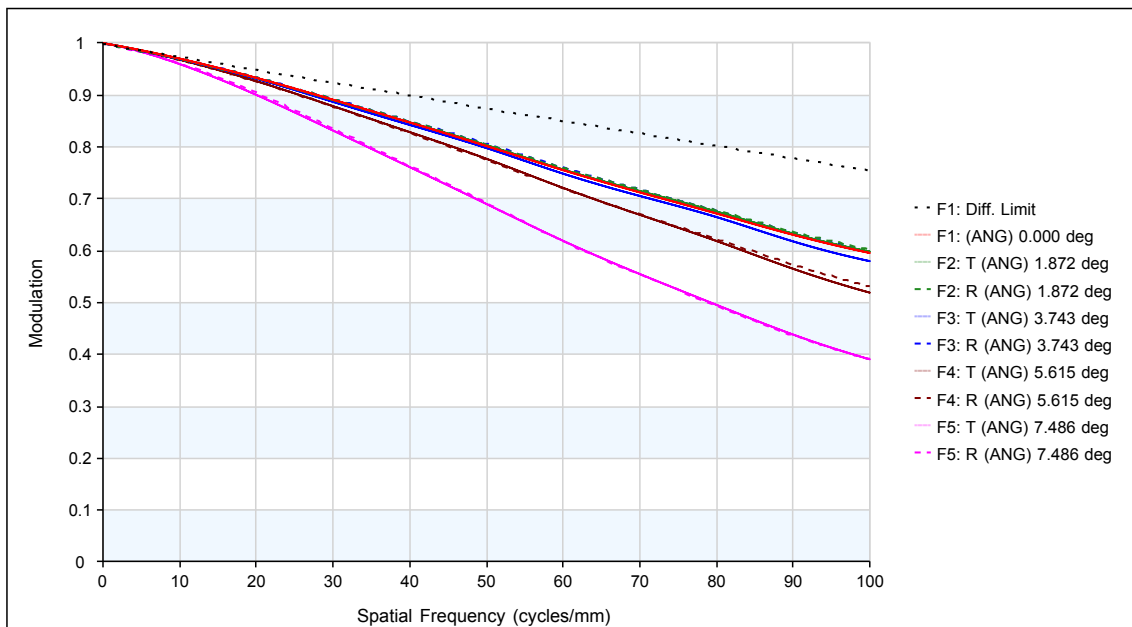
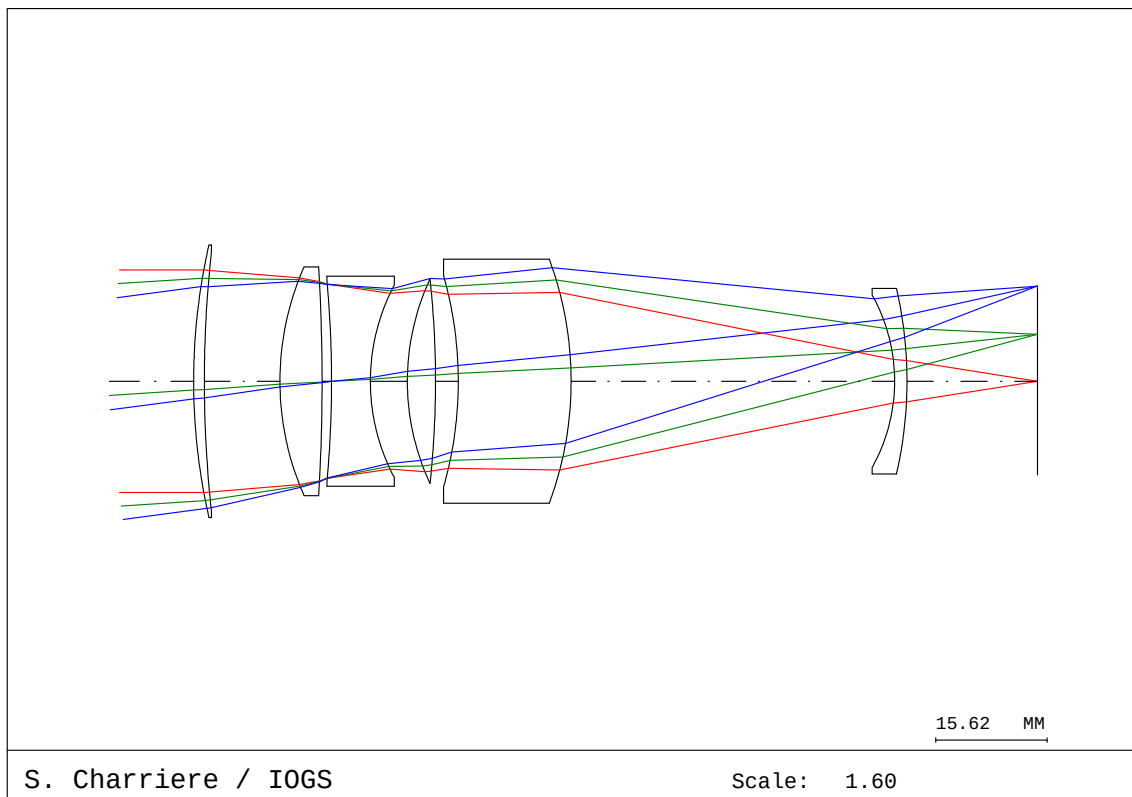
Les rayons de courbure supérieurs à 10000 mm (en valeur absolue) sont considérés comme infinis dans le détail des formules optiques.

Le symbole $\odot$ indique la position du diaphragme d'ouverture.

6.1 Catégorie Étudiant

S. CHARRIERE / IOGS Saint-Étienne

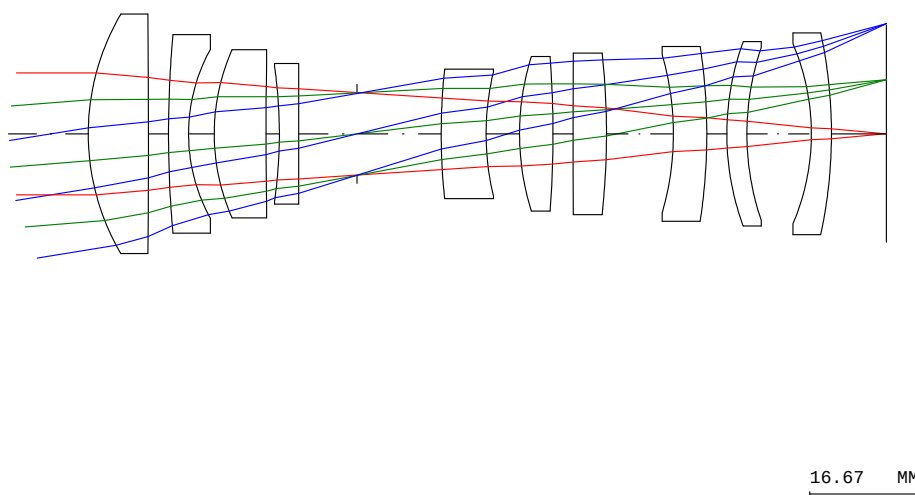
Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
SCHOTT	113.40	0.93581	31.21	7.49	0.6894	161.07



	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	86.182	1.500	NSF66
	166.868	10.597	
L2	39.727	5.908	NPK51
	-266.307	1.330	
⊗L3	-151.452	5.440	SF8
	28.861	5.187	
L4	33.915	3.941	NFK51A
	-134.023	3.192	
L5	-54.348	15.823	NSF57
	-49.217	45.352	
L6	-24.751	1.730	NPK51
	-58.161	18.308	

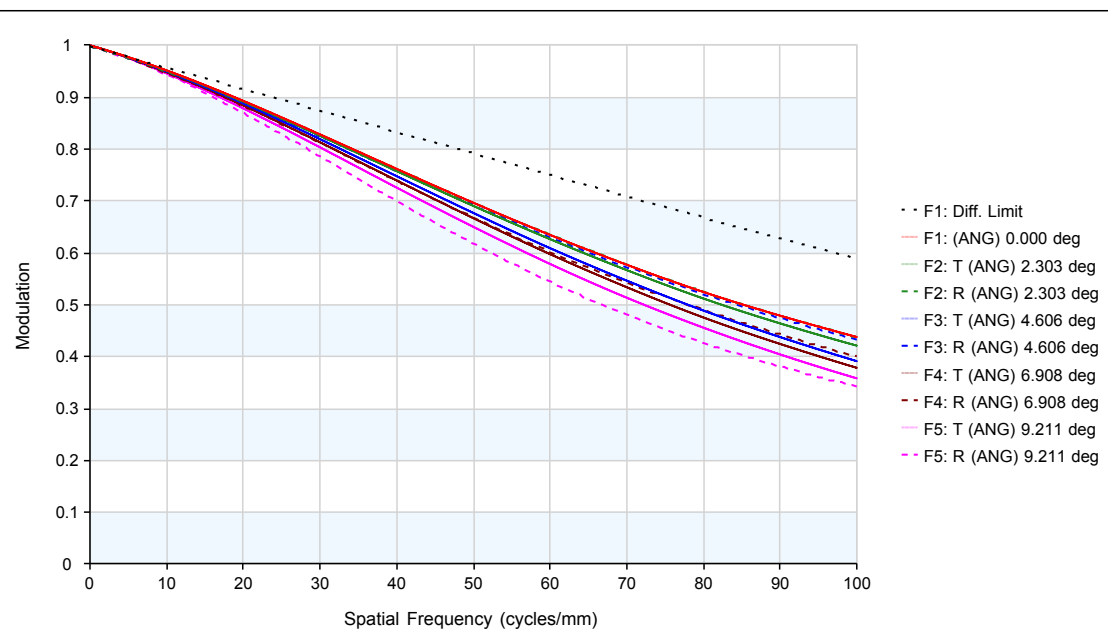
Note : dans la formule initiale, les rayons dépassent du bord de la lentille L4.

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
SCHOTT	185.89	0.70854	18.25	9.21	0.6211	104.41



J. Delbort / IOGS

Scale: 1.50

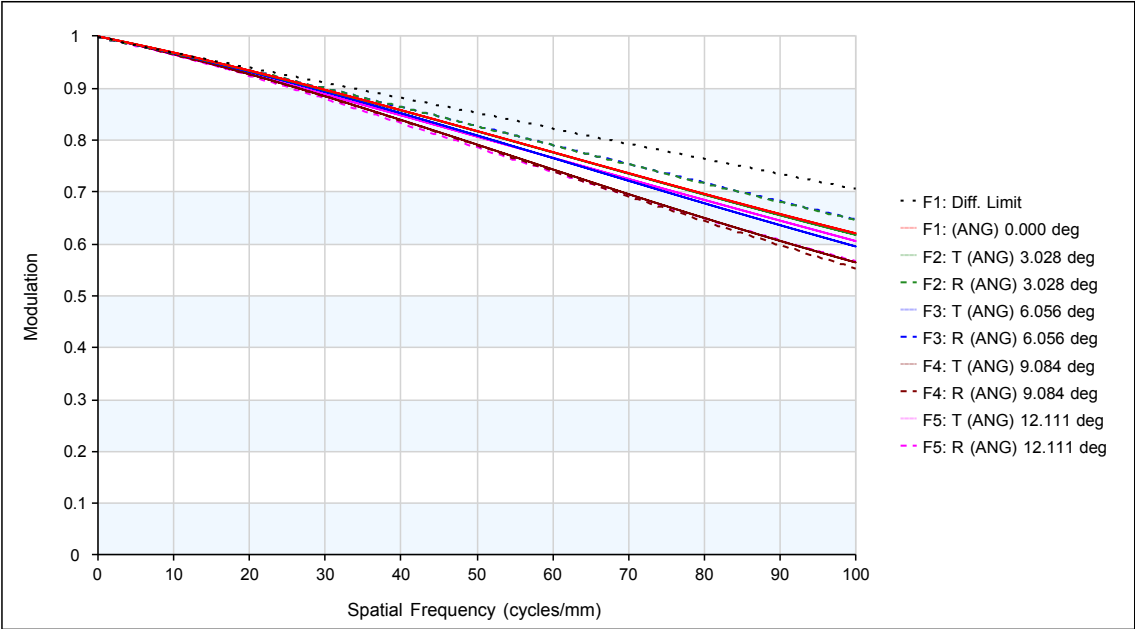
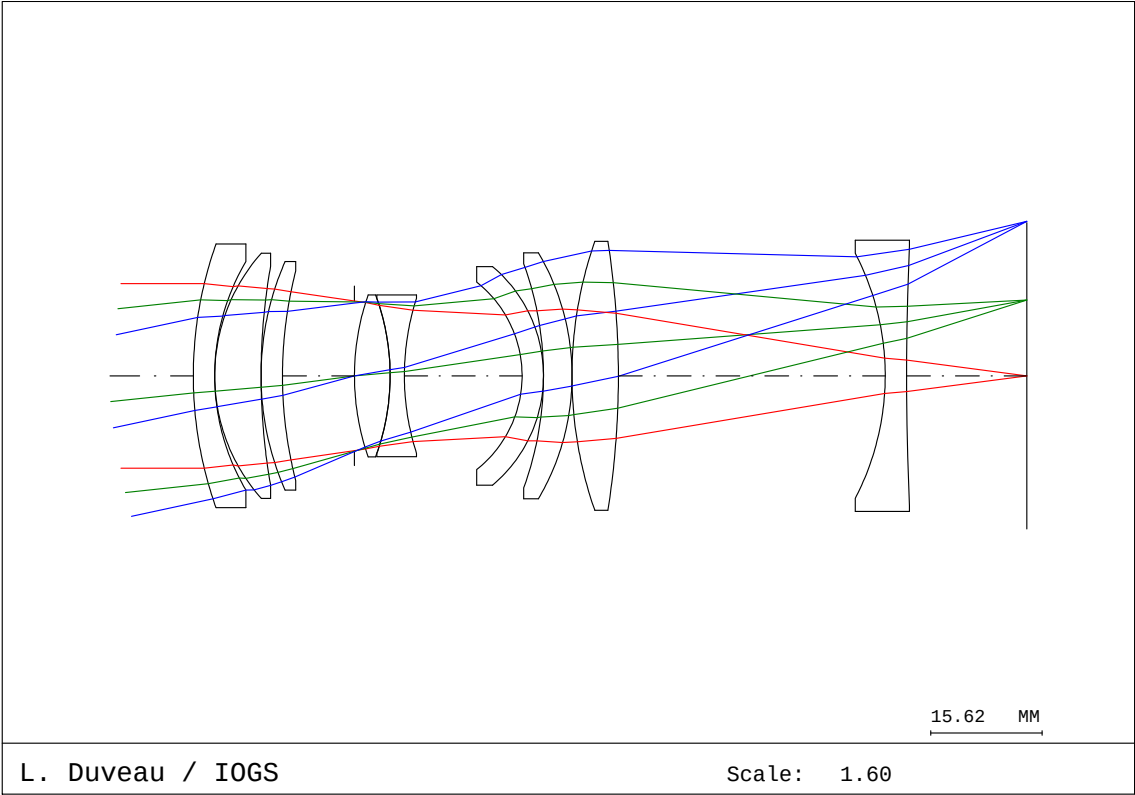


	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	35.368	9.000	NPK52A
	-1804.171	3.000	
L2	166.926	3.000	KZFS6
	26.157	3.838	
L3	30.970	7.732	SK13
	494.706	2.000	
L4	-71.322	2.902	KZFS1
	∞	8.699	
$\otimes$	-	12.605	
L5	90.364	6.718	NLAK9
	39.948	5.000	
L6	38.624	5.000	NK5
	-151.025	3.000	
L7	1640.512	5.000	B270
	-110.143	10.000	
L8	-42.543	4.998	SF15
	-86.716	3.000	
L9	39.976	3.000	SF59
	40.024	9.639	
L10	-34.197	3.000	LAFN24
	-71.677	8.210	

Notes :

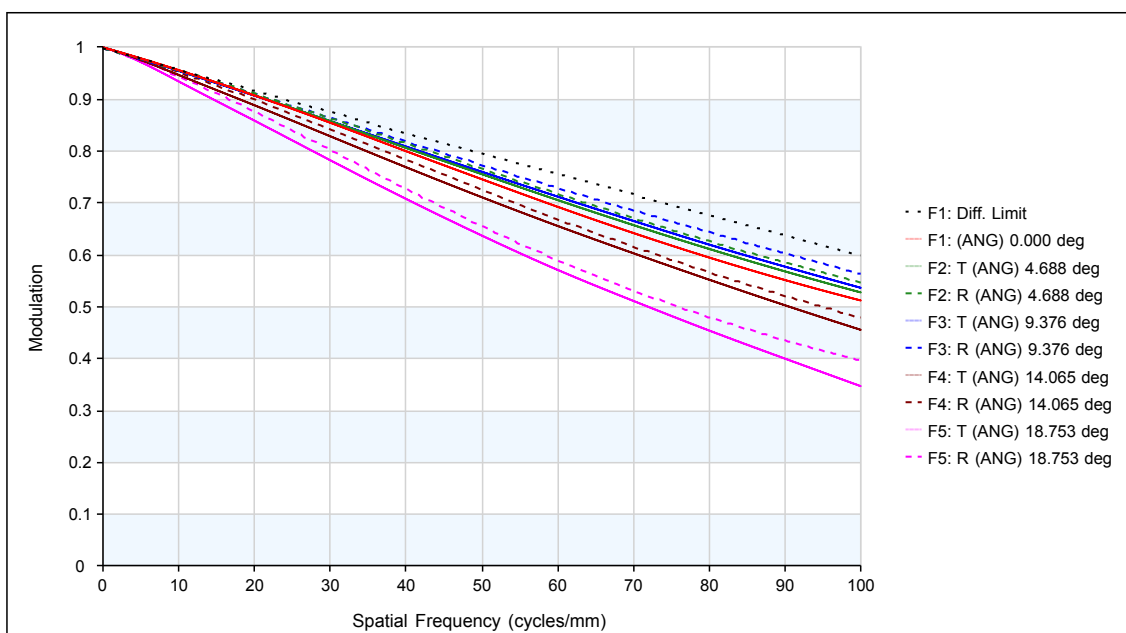
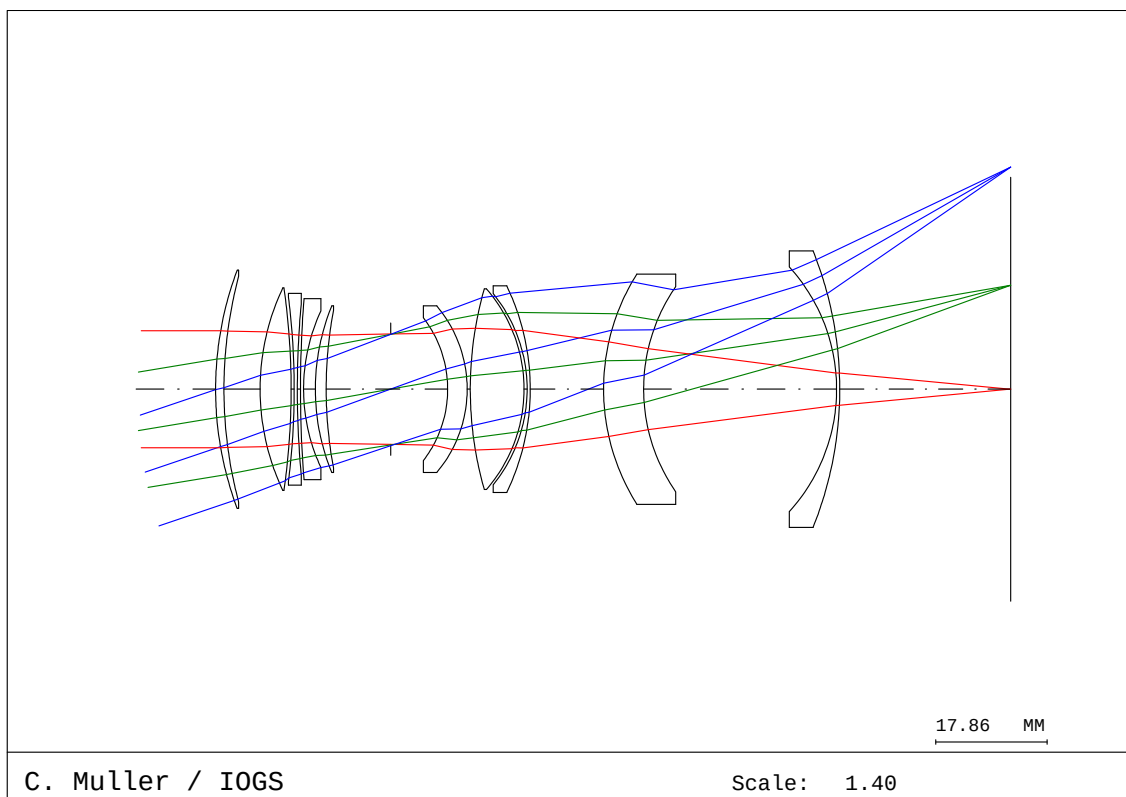
- dans Zemax, la masse initiale vaut 164.59 g,
- l'encombrement sur l'axe vaut 111.13 mm.

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
SCHOTT	112.84	0.93165	25.88	12.11	0.7863	246.46



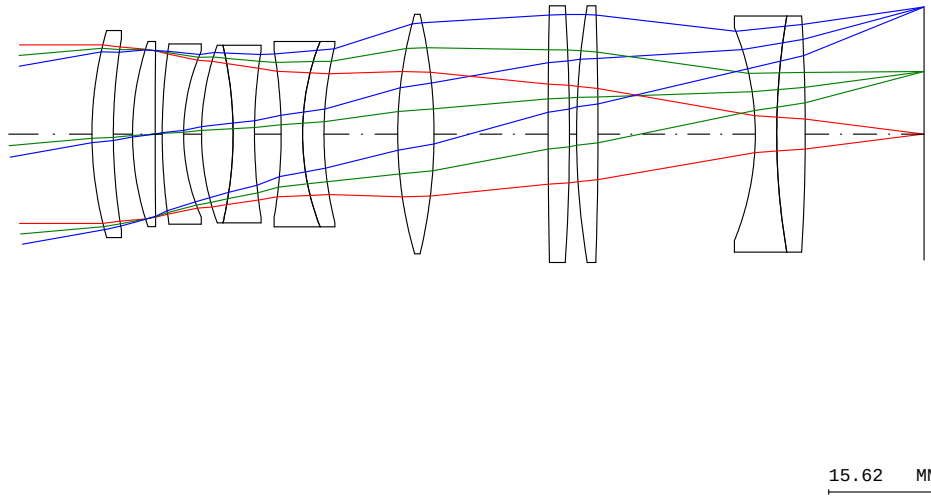
	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	55.299	3.000	NLAF21
	31.546	0.000	
L2	25.902	6.500	NPK51
	88.827	0.000	
L3	39.769	3.000	NKZFS5
	58.924	10.089	
⊗	—	0.000	
L4	34.462	5.000	NPK51
	−32.698	0.000	
L5	−32.746	2.000	NLAK8
	35.524	16.499	
L6	−16.759	3.000	NKZFS11
	−20.025	0.000	
L7	−45.968	4.000	NBK7
	−33.888	0.000	
L8	57.140	6.500	NPK52A
	−121.826	37.412	
L9	−37.234	3.000	NFK5
	409.968	16.858	

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
SCHOTT	114.41	0.93764	18.75	18.75	0.6386	224.56



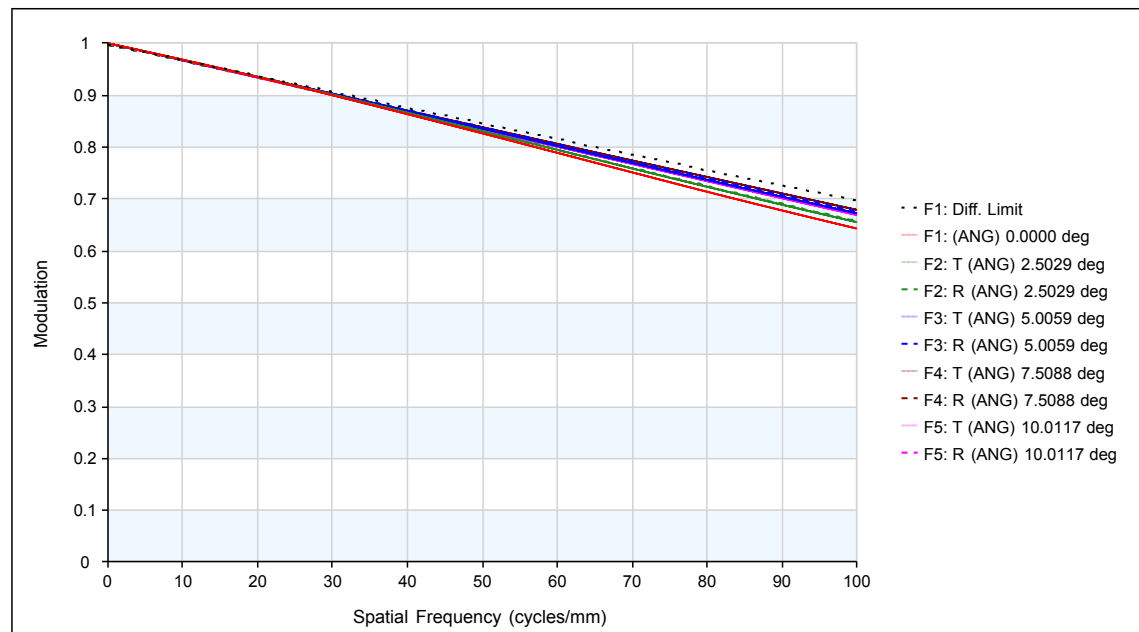
	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	54.383	1.340	NFK51A
	70.527	5.793	
L2	38.008	4.967	NFK51A
	-114.507	0.498	
L3	-117.882	0.500	NLAF2
	152.321	0.500	
L4	184.354	0.500	NLAF2
	29.738	1.886	
L5	35.117	1.736	NSF1
	68.148	10.327	
⊗	—	9.137	
L6	-18.738	3.126	SF13
	-20.696	0.500	
L7	58.848	8.607	NFK51A
	-24.449	0.497	
L8	-24.268	0.500	NLAF21
	-38.269	11.754	
L9	34.544	6.418	NLAK33A
	28.817	30.917	
L10	-29.129	0.500	NLAK34
	-59.489	27.399	

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
SCHOTT	99.78	1.00117	25.03	10.01	0.8277	207.40



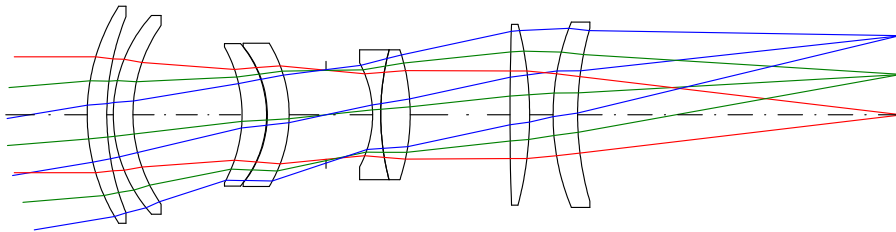
S. Pons / Polytech Paris-Sud

Scale: 1.60



	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	52.057	3.000	PSF68
	79.966	2.691	
L2	39.879	3.160	NPK51
⊗	1068.051	1.000	
L3	83.993	3.000	NSF15
	28.575	2.508	
L4	36.101	4.430	NSSK5
L5	−55.224	3.000	NLAF7
	75.460	3.744	
L6	−68.921	3.000	NKZFS11
L7	35.602	3.000	NSF2
	51.302	10.338	
L8	60.495	5.086	NFK51A
	−72.825	15.987	
L9	885.680	3.000	NLAF7
	−272.088	1.000	
L10	108.932	3.000	NSK16
	−530.626	22.057	
L11	−39.469	3.000	NLAK33A
L12	96.983	4.000	NSF10
	−268.143	16.659	

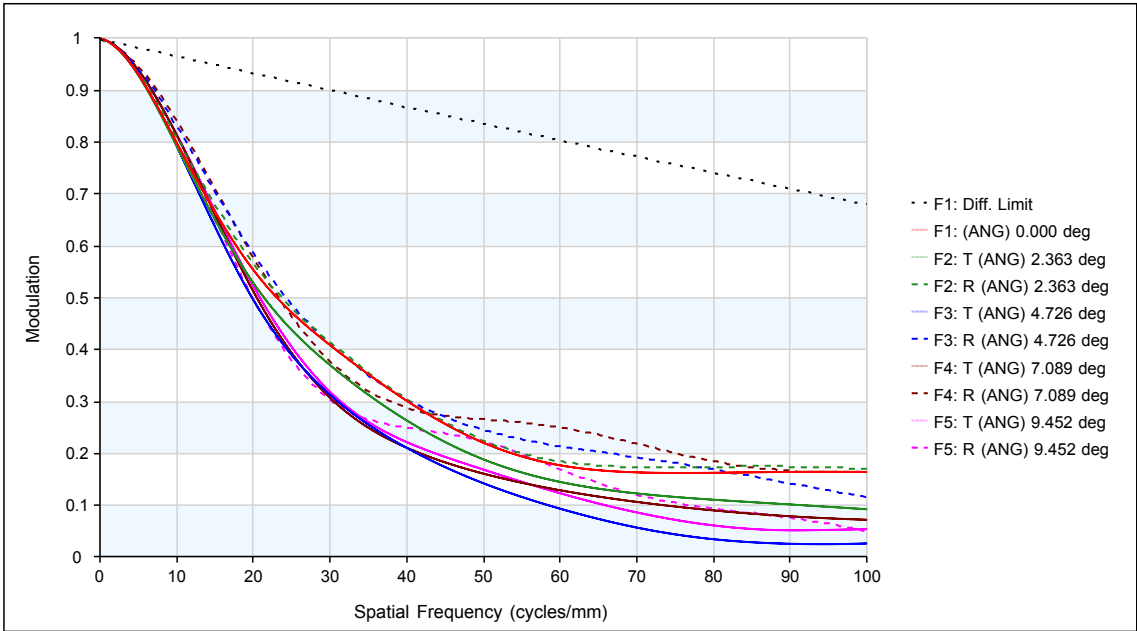
Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
SCHOTT	110.69	0.94518	23.63	9.45	0.1455	32.49



22.73 MM

A. Tamek / IOGS

Scale: 1.10

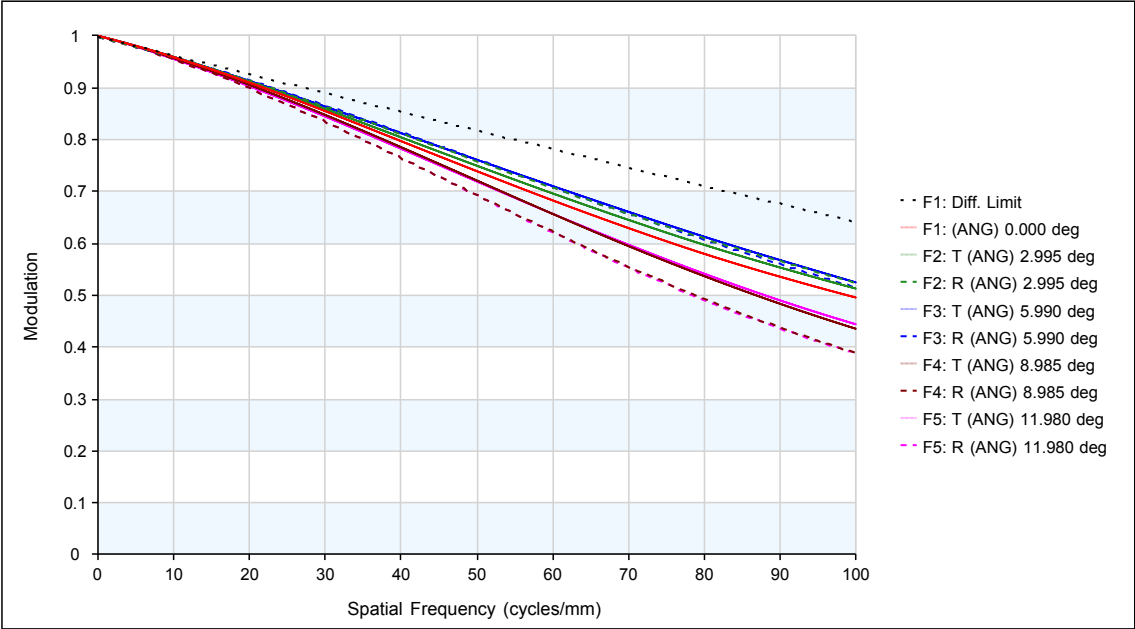
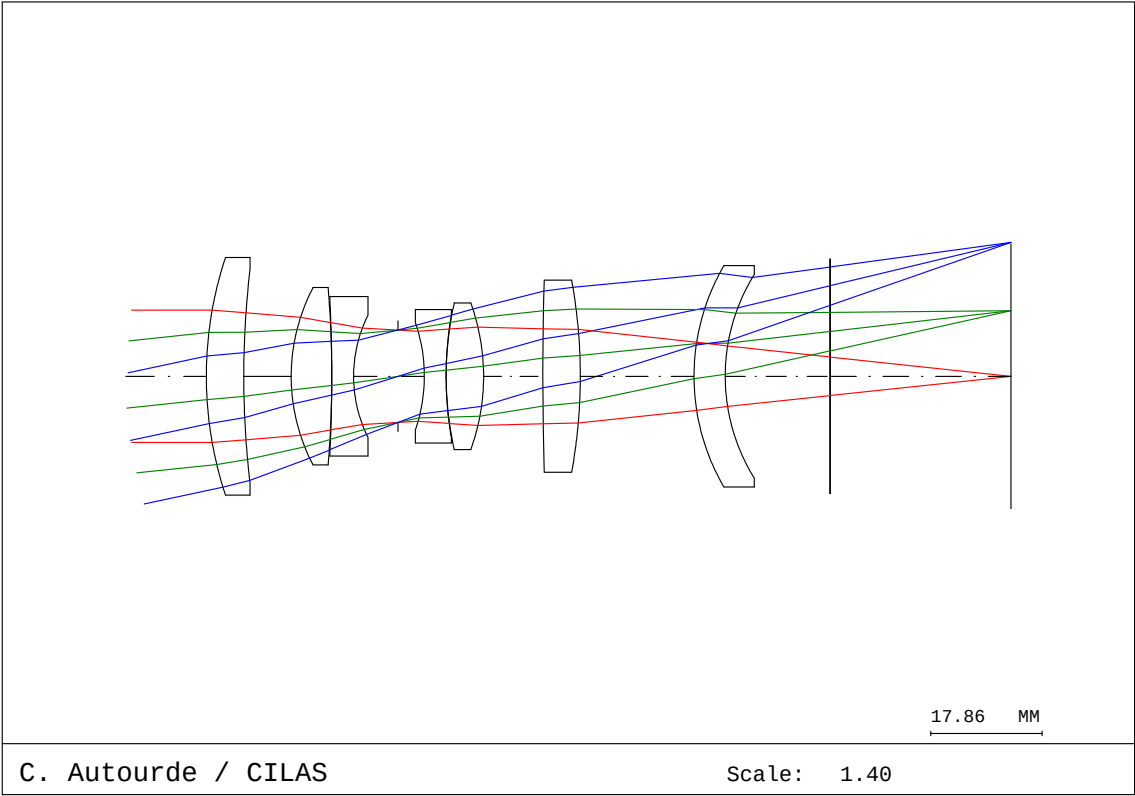


	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	41.311	4.000	SK6
	53.062	1.328	
L2	30.256	4.000	SK4
	31.867	22.248	
L3	-28.591	4.997	NSK16
	-22.572	0.155	
L4	-22.100	4.458	LF5
	-28.143	7.504	
⊗	—	9.509	
L5	-22.575	1.657	LF5
L6	52.250	6.000	NSK16
	-43.001	20.355	
L7	529.323	4.000	SK4
	-72.757	4.794	
L8	49.888	5.000	SK4
	63.723	65.941	

6.2 Catégorie Pro

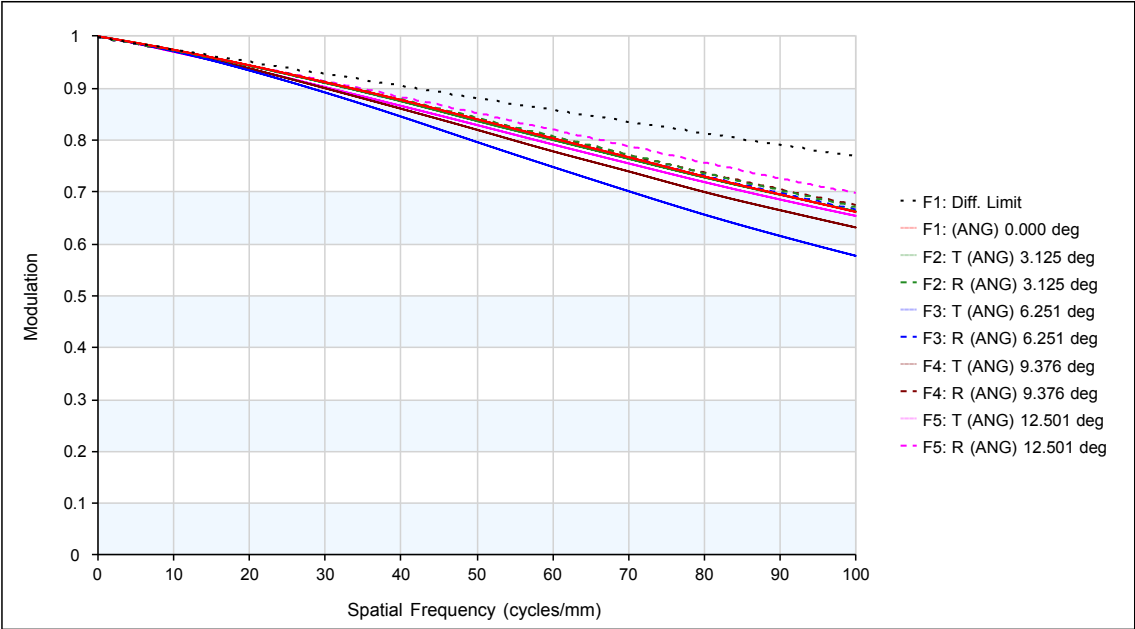
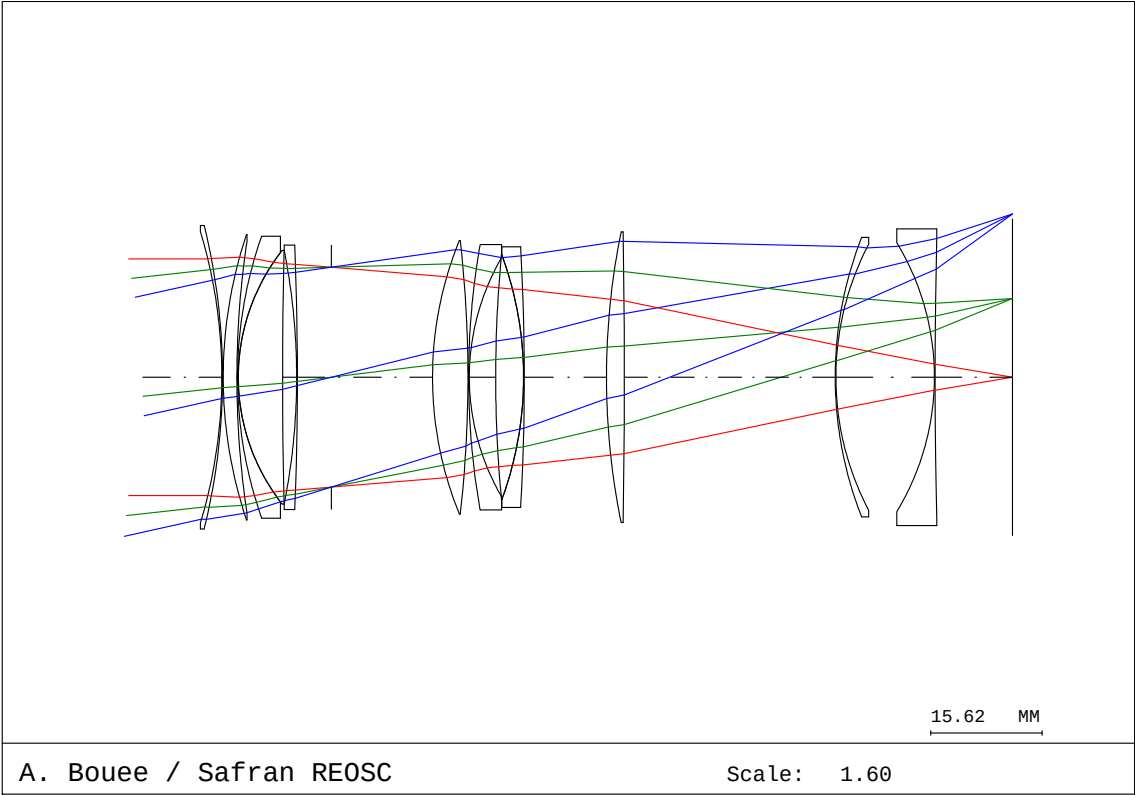
C. AUTOURDE / CILAS

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
SCHOTT	115.11	0.92158	21.20	11.98	0.6950	176.48



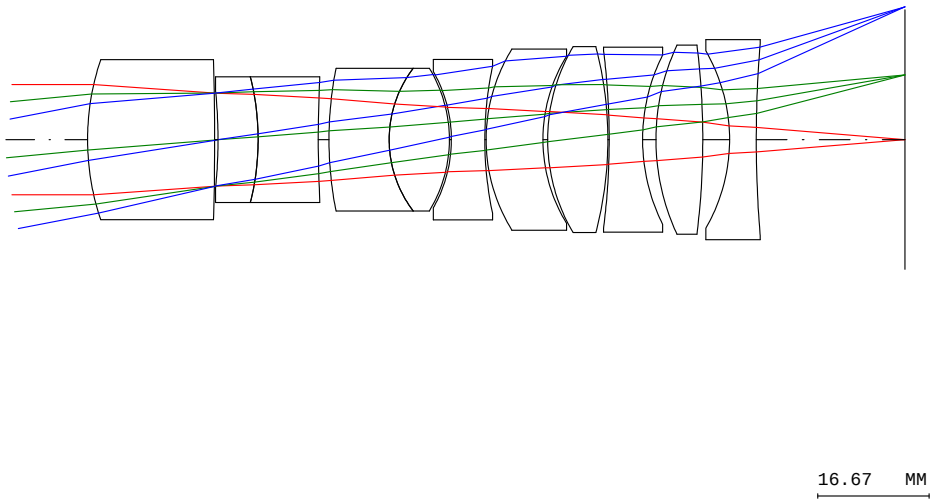
	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	60.667	6.000	NLAF33
	147.221	7.595	
L2	30.569	6.500	NPSK57
	-170.870	0.000	
L3	-239.033	3.500	NKZFS4
	21.942	7.105	
⊗	—	4.219	
L4	-26.571	3.500	NKZFS4
	58.304	0.000	
L5	53.831	6.000	NPSK57
	-34.657	9.498	
L6	534.513	6.000	NLAF33
	-85.906	18.221	
L7	35.237	5.000	NPSK58
	30.935	16.762	
L8	∞	0.100	NBK10
	∞	28.910	

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
CDGM	99.97	1.00010	33.18	12.50	0.7964	330.32



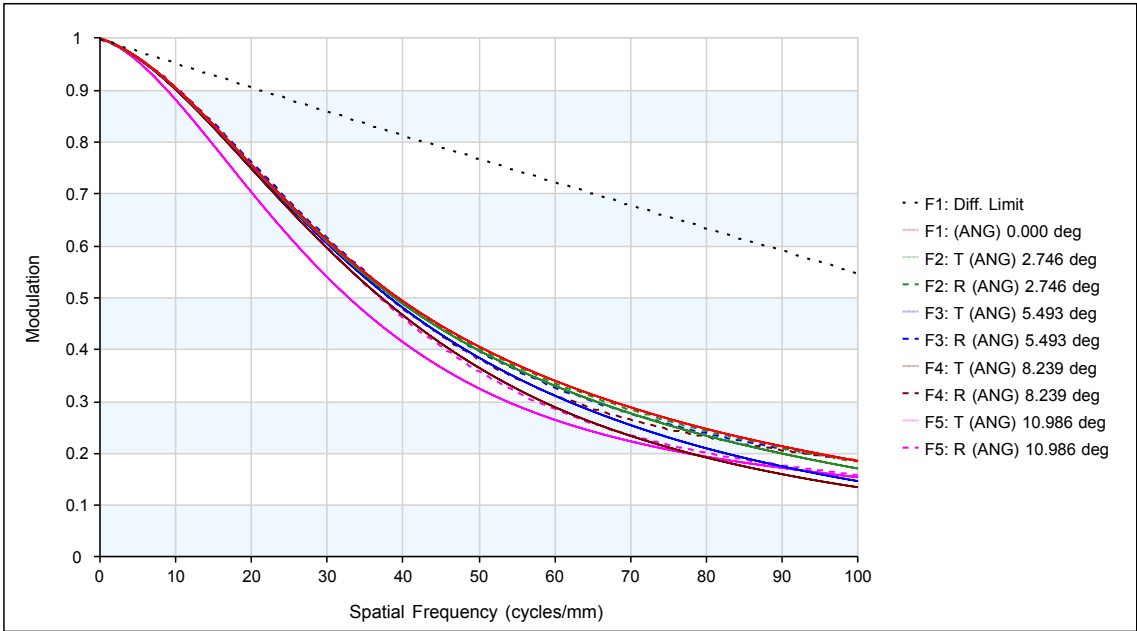
	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	-70.977	0.100	HZLAF75B
	-89.073	0.100	
L2	62.900	1.914	DZF93
	129.198	0.100	
L3	59.530	0.100	HZLAF75B
L4	28.793	6.206	HZPK5
	786.202	1.971	
L5	-91.078	0.100	HFK71
	-464.981	4.757	
⊗	—	14.195	
L6	50.768	4.961	HLAF1
	-170.978	0.100	
L7	107.923	0.100	HZLAF71
	33.334	3.693	
L8	181.055	3.908	HZK6
L9	-49.689	0.100	HZLAF75A
	-322.188	11.527	
L10	101.892	2.500	HZF71
	-1221.822	29.566	
L11	53.685	0.100	DFK61
	40.171	13.803	
L12	-36.354	0.100	HFK71
	811.029	10.850	

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
SCHOTT	119.10	0.91547	16.48	10.99	0.3241	58.66



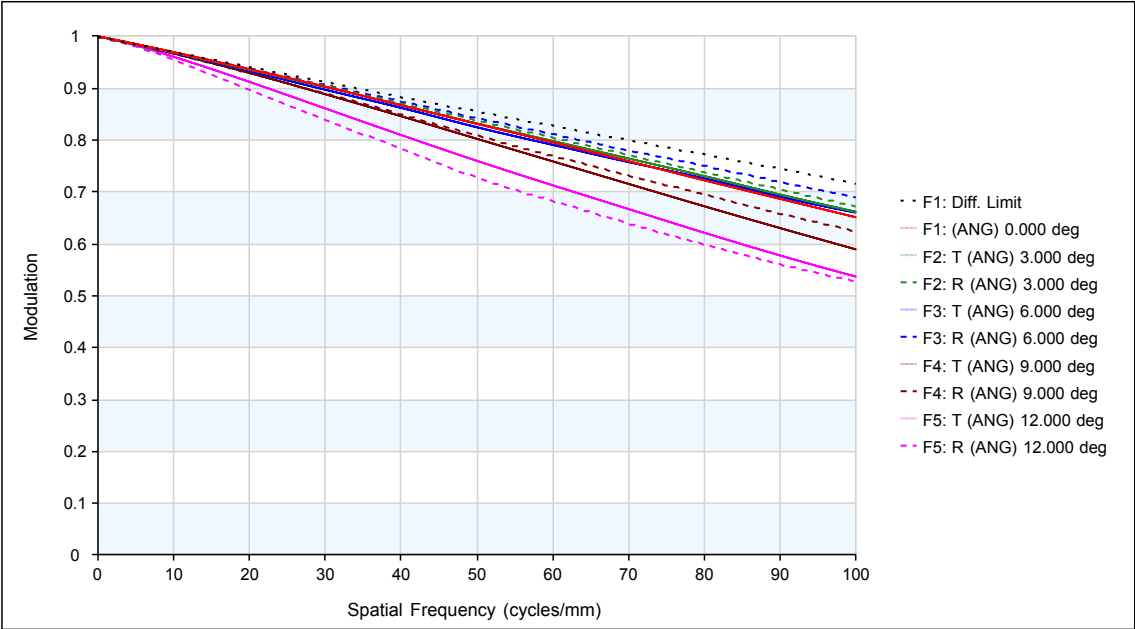
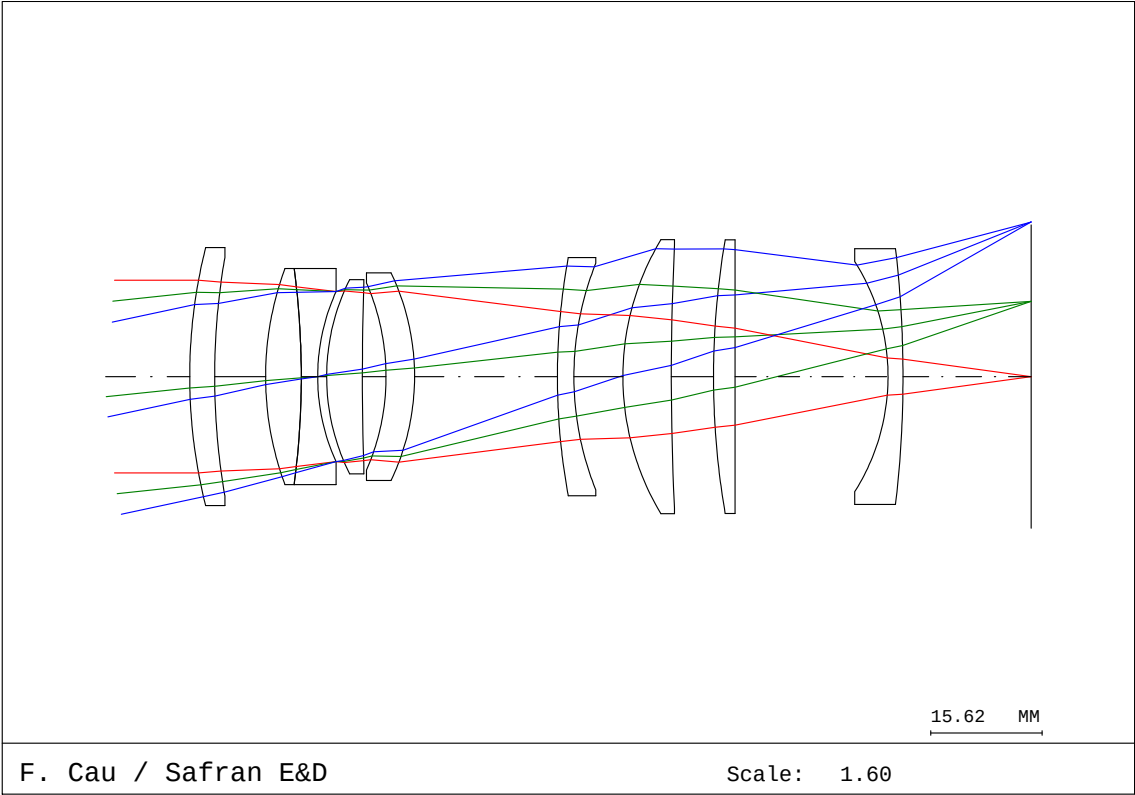
R. Brun / Retraite (CNRS - LAM)

Scale: 1.50



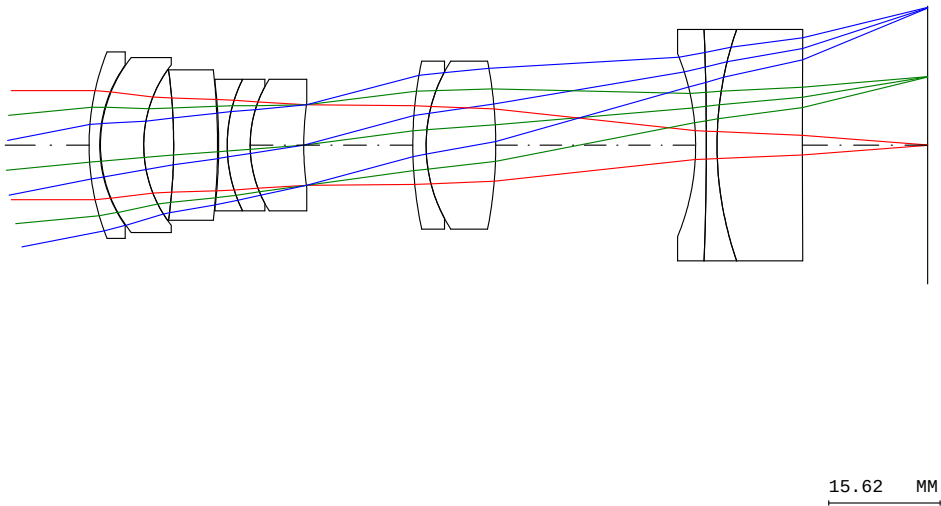
	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	37.512	19.000	LITHOSIL
	-419.809	0.500	
⊗L2	-74.448	6.000	NF2
L3	-38.648	9.000	LITHOSIL
	182.340	1.600	
L4	54.255	9.000	NF2
L5	17.634	9.000	LITHOSIL
	-20.461	0.300	
L6	-20.588	5.000	NF2
	52.721	0.200	
L7	25.676	8.500	LITHOSIL
	23.876	0.700	
L8	27.299	9.000	NF2
	-54.505	0.200	
L9	-104.915	5.000	LITHOSIL
	28.240	2.000	
L10	33.382	7.000	NF2
	-113.467	4.000	
L11	-26.534	4.000	NF2
	176.393	22.233	

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
SCHOTT	100.00	1.00000	27.01	12.00	0.7302	236.71



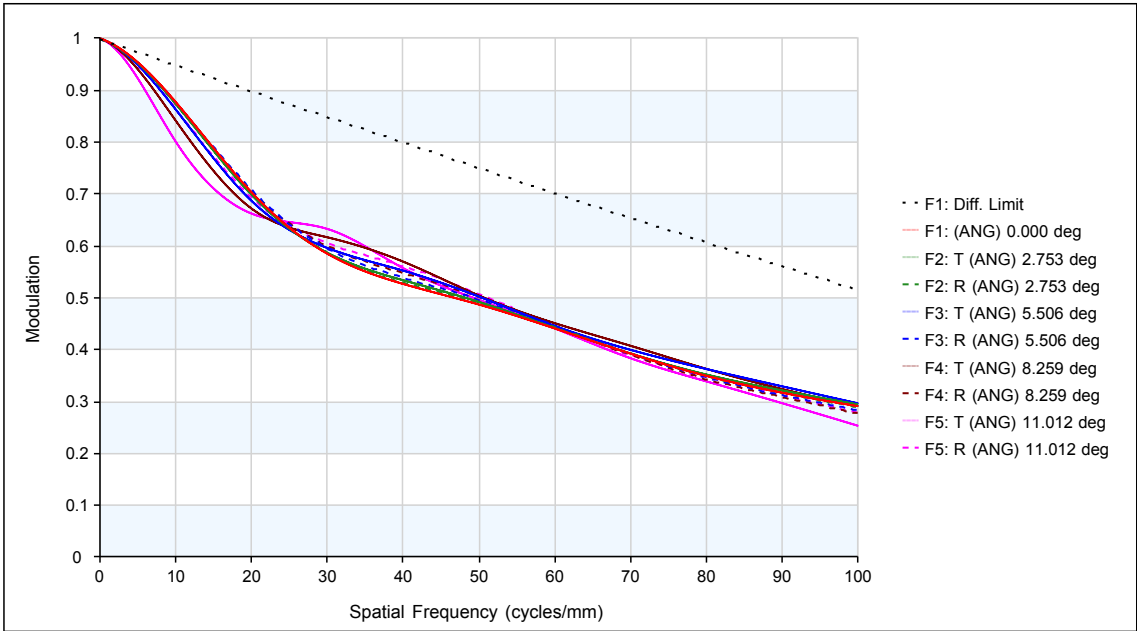
	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	74.300	3.500	NSF57
	98.300	7.140	
L2	43.630	5.000	NPK51
L3	-114.800	2.300	NKZFS4
⊗	28.860	1.260	
L4	30.390	5.000	NPK51
	380.000	3.320	
L5	-32.760	4.000	NKZFS8
	-33.800	20.032	
L6	92.280	2.310	NLASF9
	42.650	6.870	
L7	37.260	6.794	NBK7
	383.000	5.910	
L8	113.043	3.000	NSF6
	∞	21.464	
L9	-30.250	2.100	NLASF44
	-153.370	17.979	

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
SCHOTT	118.31	0.91764	15.29	11.01	0.4887	82.30



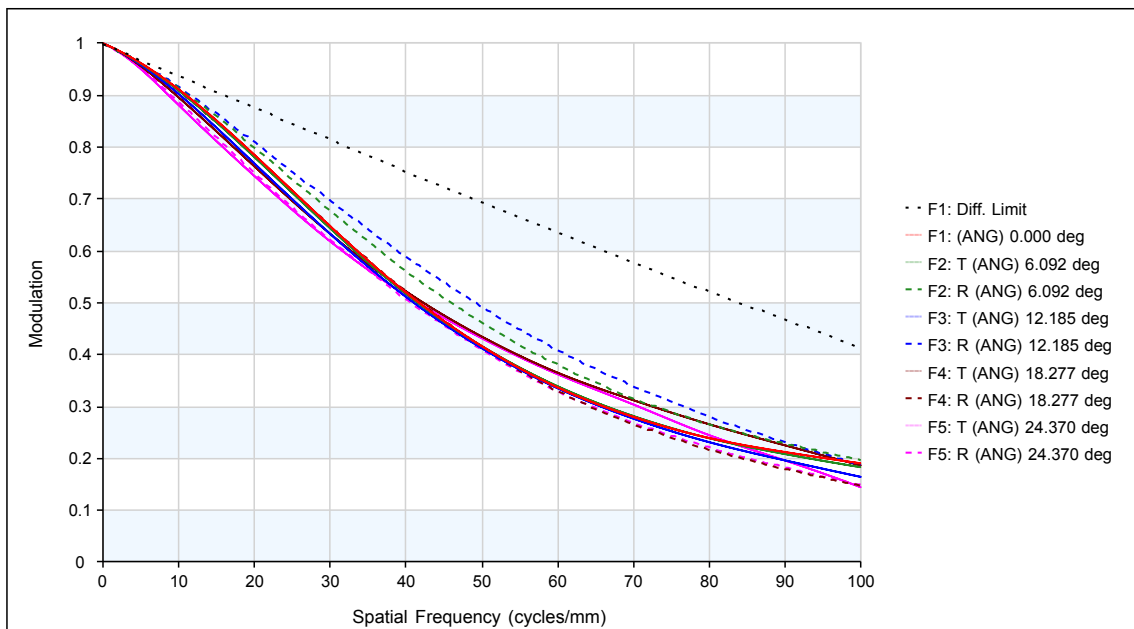
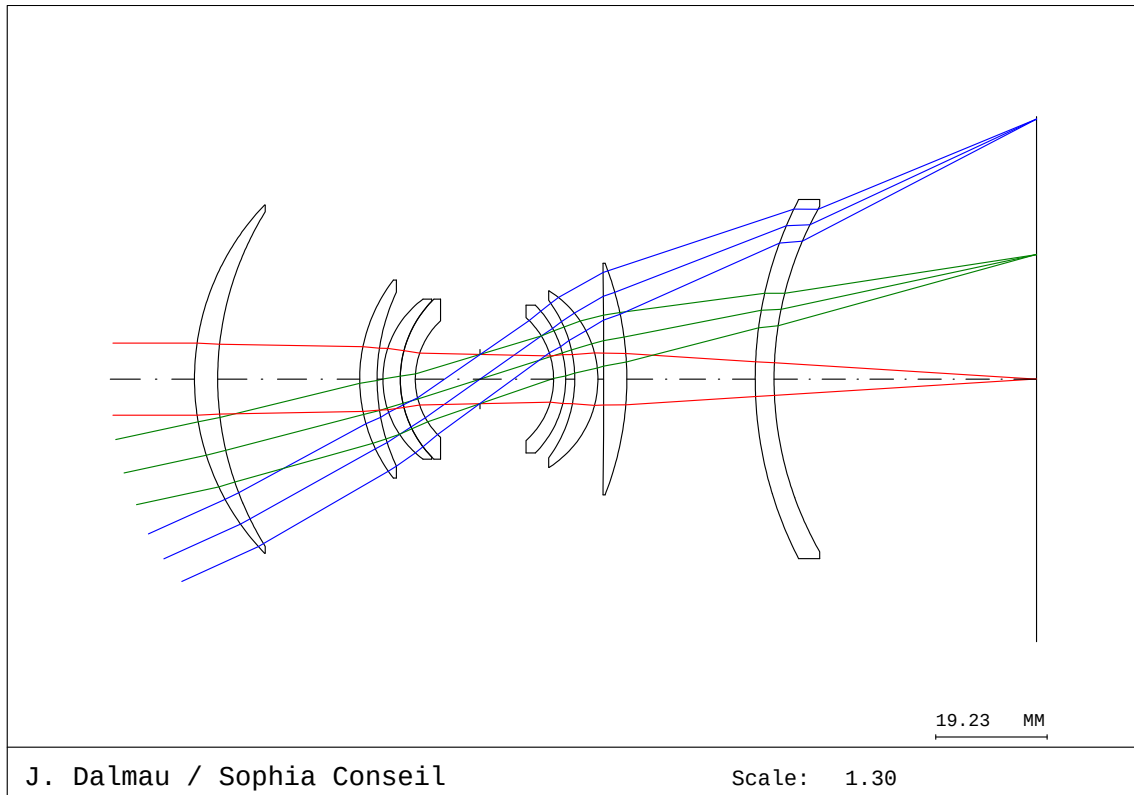
B. Chassagne / ALPhANOV

Scale: 1.60



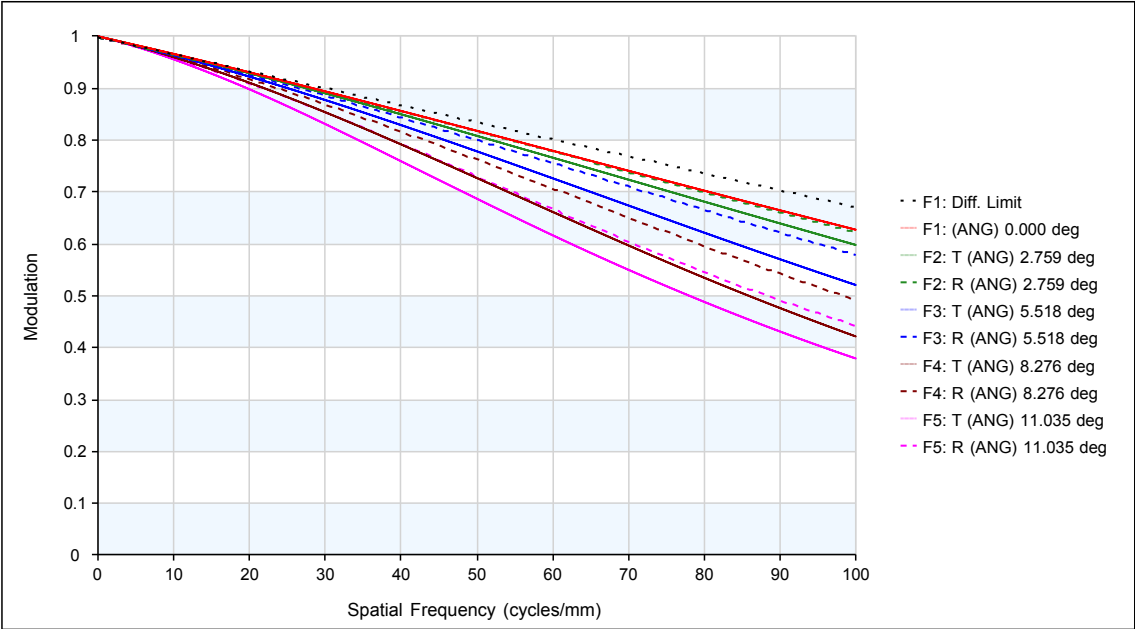
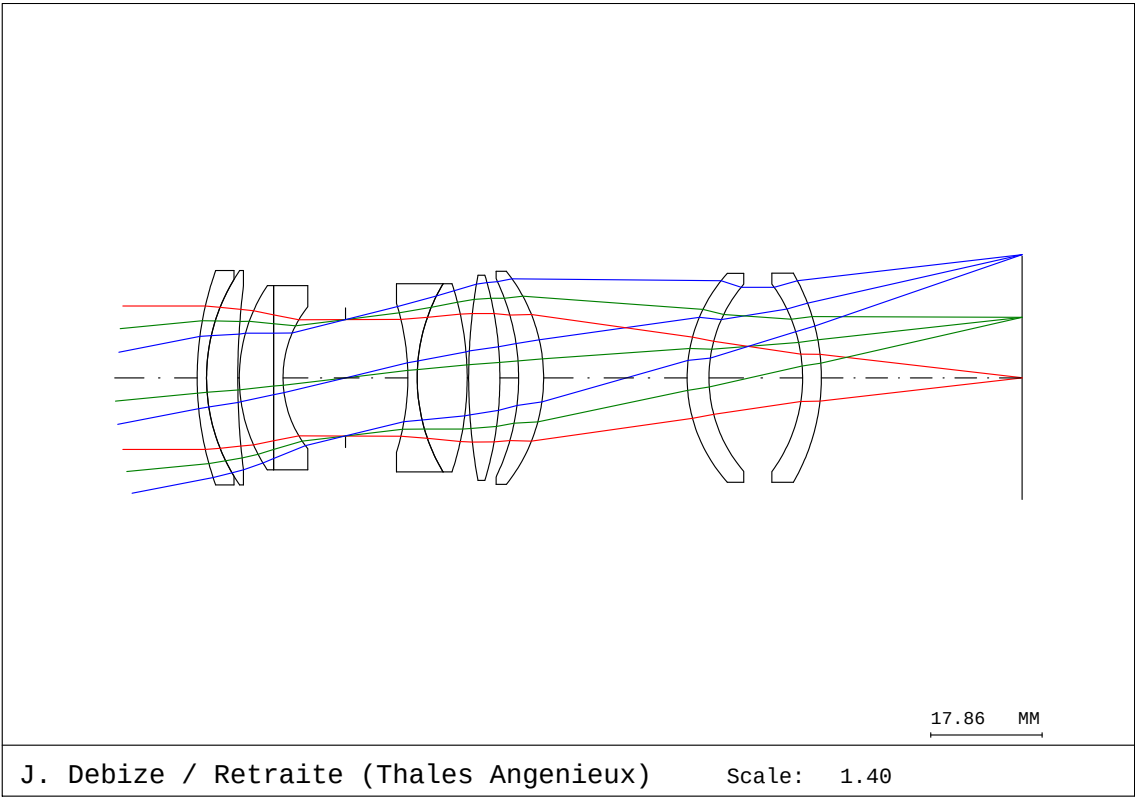
	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	35.149	1.500	NLAK8
	19.496	0.100	
L2	19.579	6.060	NLASF31A
L3	18.322	4.200	NBK10
L4	-77.561	6.147	NSF10
	-93.802	0.160	
L5	-76.510	1.200	NKF9
L6	20.729	3.216	NLAF35
L7	17.262	7.512	NLAK7
⊗	42.658	15.294	
L8	56.140	1.867	NKF9
L9	21.774	9.759	PPK53
	-60.802	28.026	
L10	-33.757	1.500	NLAK21
L11	-422.104	1.500	NKF9
L12	49.271	11.962	NLAF35
	2767.128	17.555	

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
SCHOTT	103.43	0.97479	12.43	24.37	0.4128	125.03



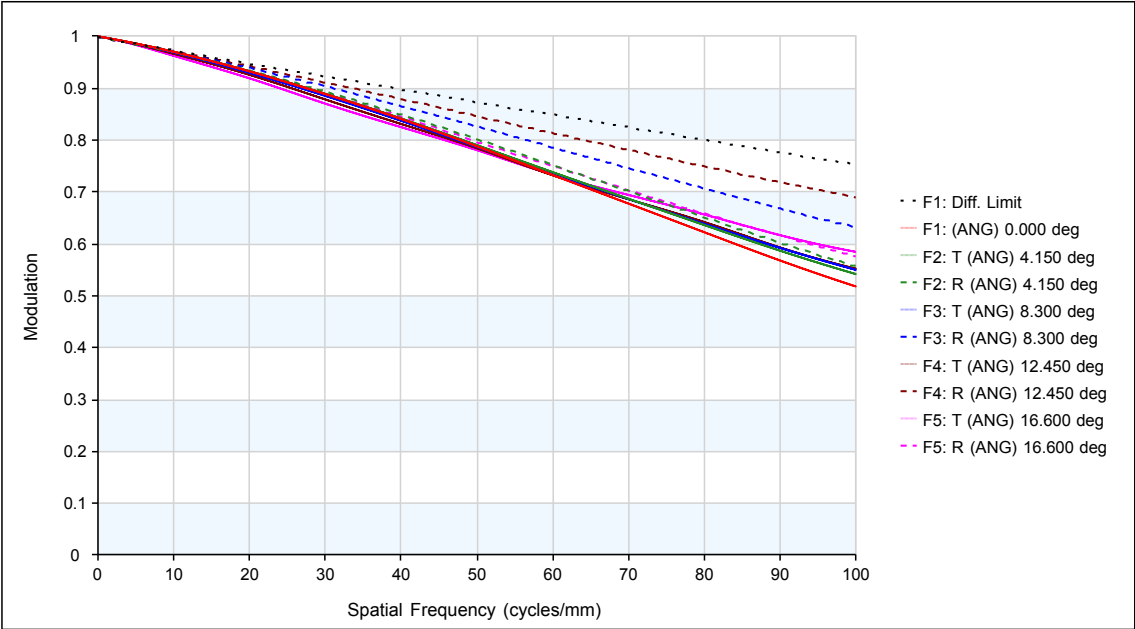
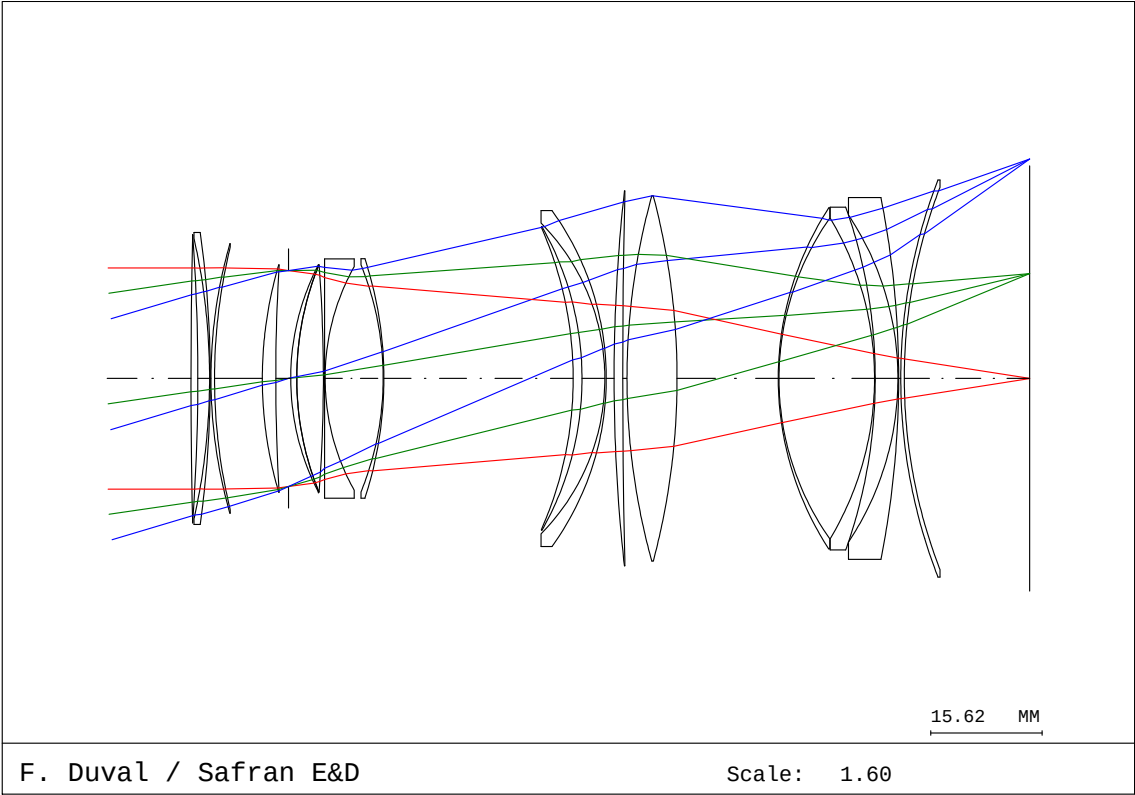
	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	43.378	4.000	NPK51
	54.876	24.503	
L2	28.076	3.004	NPK51
	35.463	1.000	
L3	17.242	3.001	NPK51
L4	19.333	2.598	NSF5
	13.825	11.163	
⊗	—	12.690	
L5	-14.187	2.078	NSF5
	-18.152	1.576	
L6	-22.708	3.986	NPK51
	-17.998	1.000	
L7	-1698.539	4.000	NPK51
	-55.027	22.150	
L8	67.797	3.253	NSF2
	60.329	45.286	

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
OHARA	114.16	0.91961	22.99	11.04	0.6875	174.43



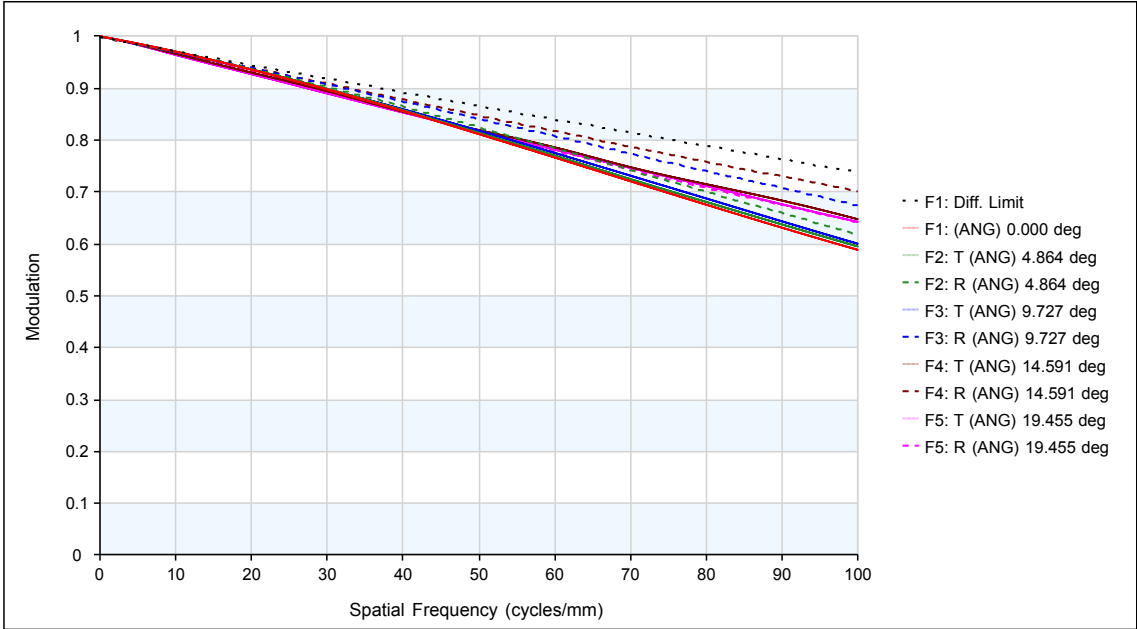
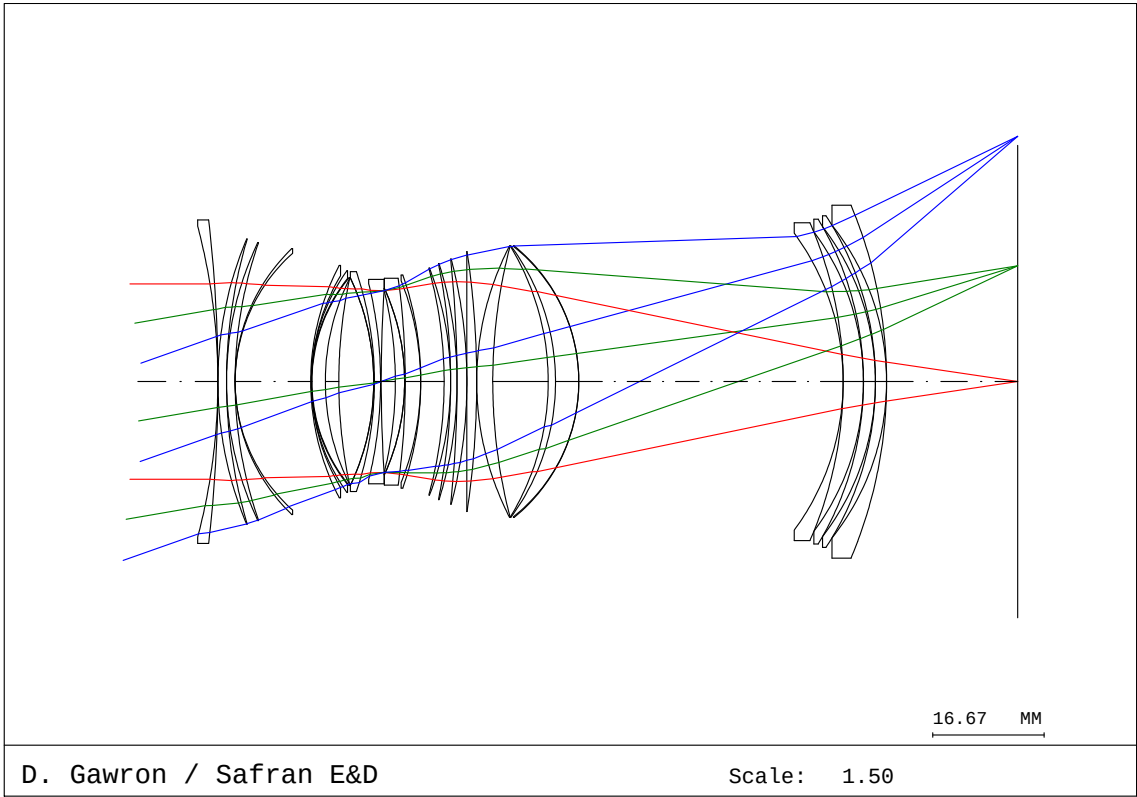
	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	51.240	1.500	SBSM22
L2	30.479	5.000	SLAL9
	119.475	0.250	
L3	26.516	5.500	SFPL53
L4	-4532.210	1.500	SNSL5
	18.292	10.000	
⊗	—	10.000	
L5	-39.920	1.500	SFSL5
L6	29.512	8.000	SFPL53
	-48.122	0.250	
L7	91.528	5.000	SFPL53
	-57.346	3.000	
L8	-36.749	4.000	SFPL53
	-27.415	23.000	
L9	24.929	3.500	SLAM60
	22.970	15.000	
L10	-25.396	3.000	SLAM60
	-33.542	32.172	

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
SCHOTT	100.00	1.00000	31.00	16.60	0.7773	399.98



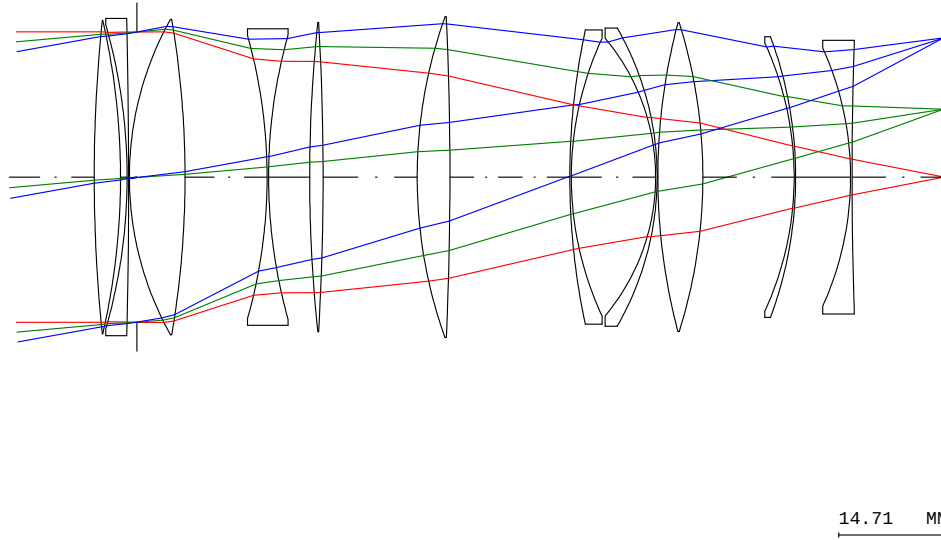
	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	958.873	0.950	NPK51
	−281.428	1.646	
L2	−89.554	0.100	NKZFS11
	−148.975	0.100	
L3	68.594	0.500	NSF66
	77.860	6.700	
L4	56.544	1.883	NPK51
	266.994	1.800	
⊗	—	0.300	
L5	34.741	0.842	NSSK2
L6	42.403	3.728	NPK51
	−214.826	0.150	
L7	∞	0.100	NKZFS11
	32.213	8.133	
L8	−42.271	0.100	NKZFS8
	−54.296	26.542	
L9	−52.473	1.236	NLAK34
	−43.135	3.200	
L10	−30.986	0.200	NKZFS11
	−40.259	1.100	
L11	239.027	1.210	NSF56
	1114.748	0.600	
L12	95.960	7.016	NPSK53A
	−99.994	14.191	
L13	43.932	0.100	NPSK3
	39.023	13.393	
L14	−43.712	0.100	NKZFS4
	−71.922	3.178	
L15	−41.389	0.100	NKZFS4
	−130.893	0.300	
L16	76.777	0.500	NSF8
	74.280	17.570	

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
HIKARI	100.39	0.99743	29.22	19.45	0.8149	463.32



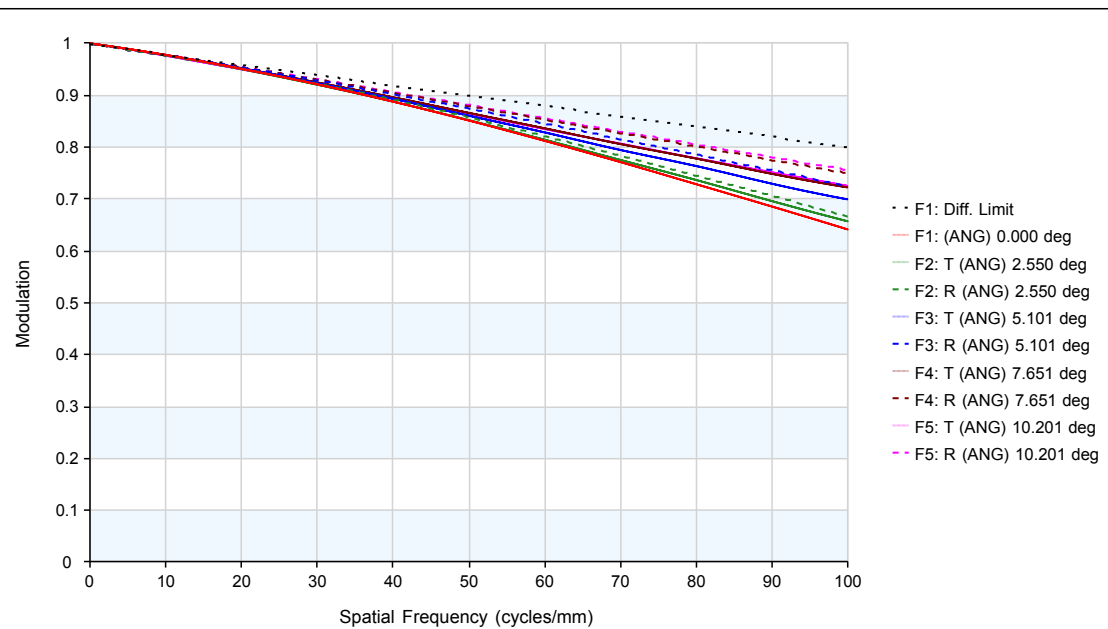
	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	−90.900	0.005	JKZFH1
	−211.661	0.005	
L2	55.131	1.280	JLASF02
	74.893	0.005	
L3	48.448	1.280	JLAF02
	63.152	0.005	
L4	27.569	0.005	JLASF014
	25.775	11.301	
L5	37.511	0.100	JLAK09
	30.944	0.005	
L6	28.561	0.005	JLAK18
	24.683	0.079	
L7	24.527	2.000	JFKH2
	34.528	2.011	
L8	74.167	5.220	JFKH1
L9	−36.075	0.100	QLASFH58
	−51.445	0.921	
L10	−61.850	0.100	JKZFH4
⊗	216.128	2.111	
L11	−56.276	1.384	JSF13
L12	−33.608	0.100	JLASF03
	−113.311	2.295	
L13	−40.525	0.025	JLASFH16
	−48.606	3.492	
L14	−63.832	0.966	JLASKH2
	−47.167	0.005	
L15	−86.164	0.966	JLASKH2
	−59.192	0.005	
L16	−172.863	1.462	JPSKH1
	−72.903	0.005	
L17	∞	1.462	JPSKH1
	−131.743	0.005	
L18	44.429	2.400	JFKH2
	80.699	8.289	
L19	−39.027	1.090	JFKH1
	−34.208	3.480	
L20	−25.817	0.005	JLAK18
	−26.151	39.527	
L21	−37.335	0.004	JFKH1
	−59.261	3.028	
L22	−37.535	0.009	JFK5
	−46.862	1.787	
L23	−37.876	0.004	JPKH1
	−45.248	1.662	
L24	−37.563	0.005	JFK01
	−68.082	19.609	

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
SCHOTT	106.04	0.95788	38.32	10.20	0.8526	333.26



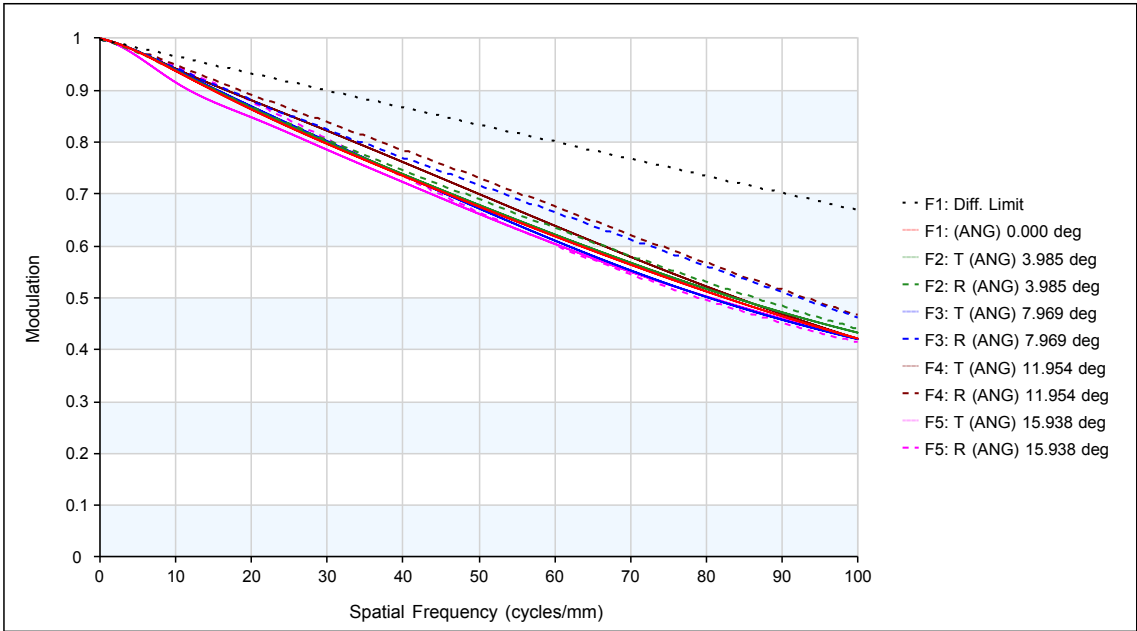
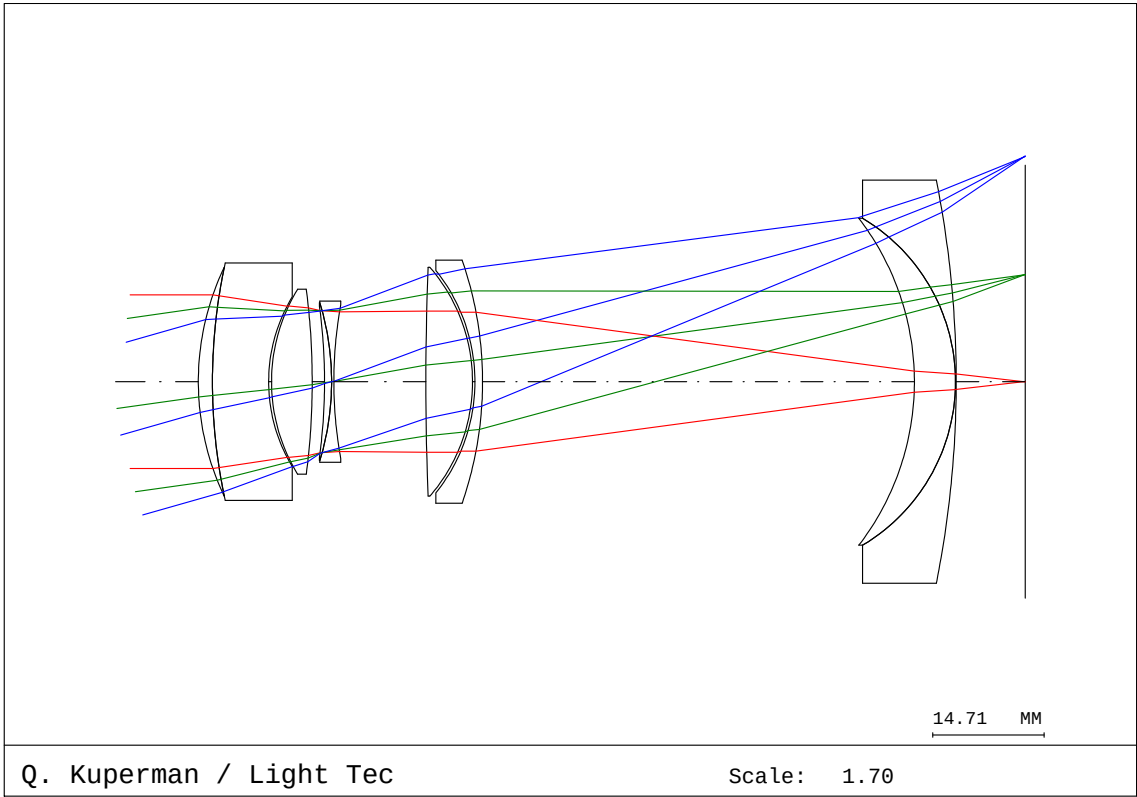
R. Geyl / Safran REOSC

Scale: 1.70



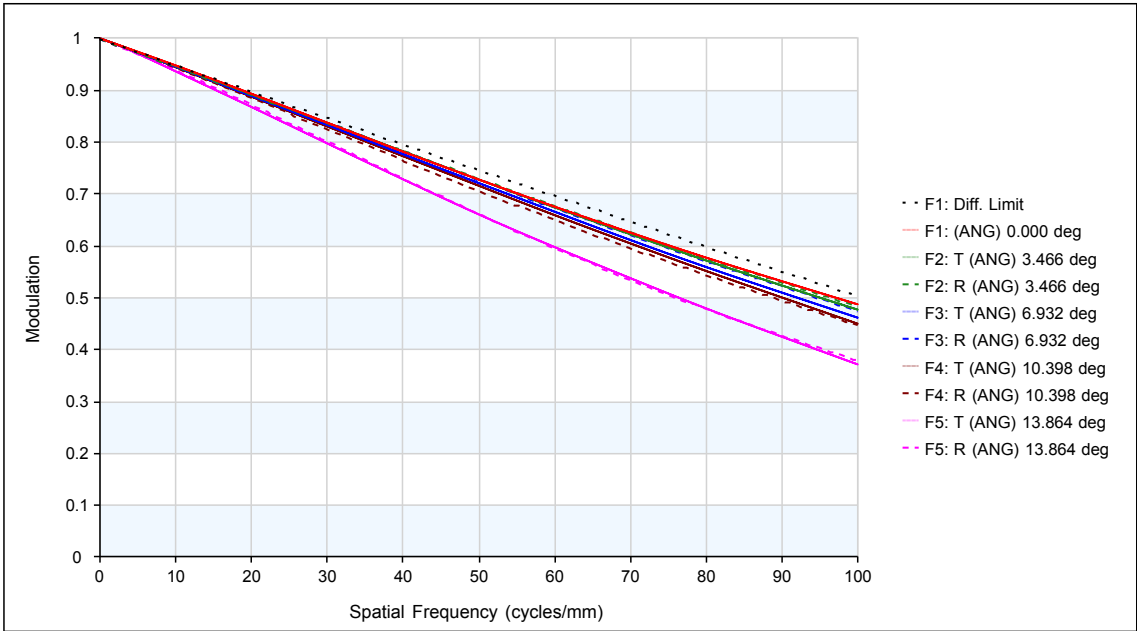
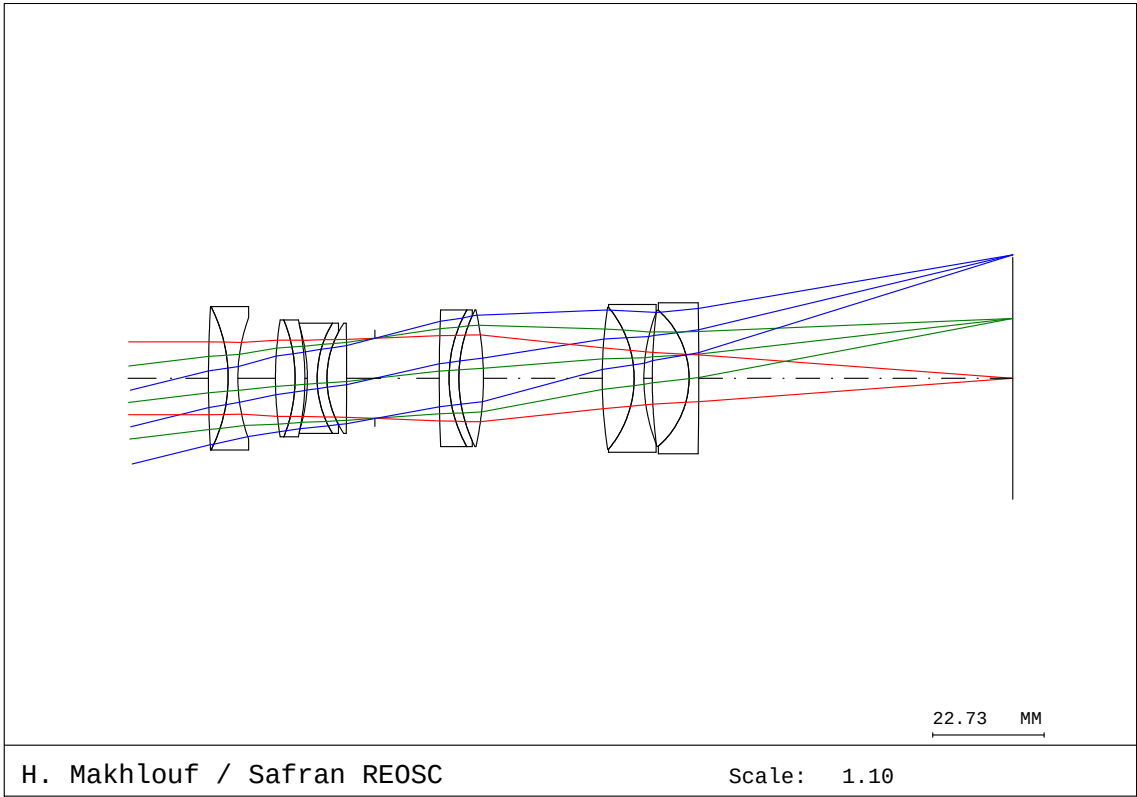
	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	200.018	3.470	NFK51
	−92.371	0.873	
L2	−72.787	0.200	NKZFS11
	−900.829	0.100	
	—	1.000	
⊗	—	−1.000	
L3	42.688	7.342	NFK51
	−123.852	10.822	
L4	−68.871	0.200	NKZFS11
	69.589	5.424	
L5	193.032	1.767	SF6
	−351.760	12.423	
L6	62.915	4.317	NFK51
	−469.958	15.816	
L7	93.019	0.200	NFK51
	43.376	11.120	
L8	−28.512	0.200	NKZFS11
	−39.360	0.100	
L9	79.602	5.937	SK16
	−68.064	12.043	
L10	−42.445	0.200	SF6
	−53.279	7.245	
L11	−41.304	0.200	NBK7
	543.413	12.070	

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
OHARA	101.00	0.99614	22.91	15.94	0.6617	241.62



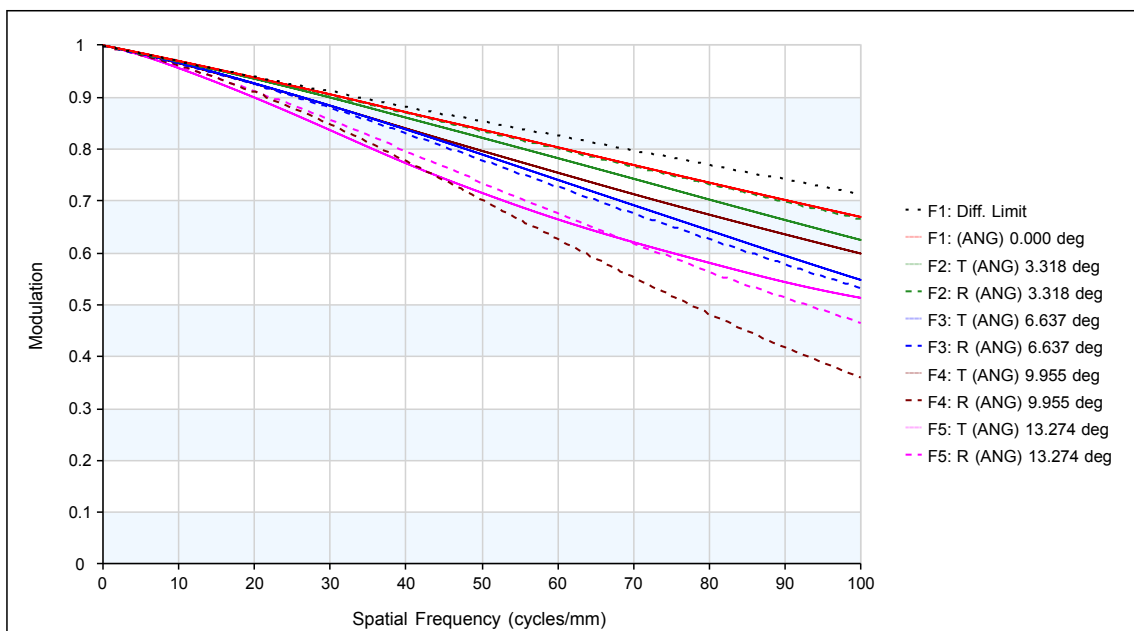
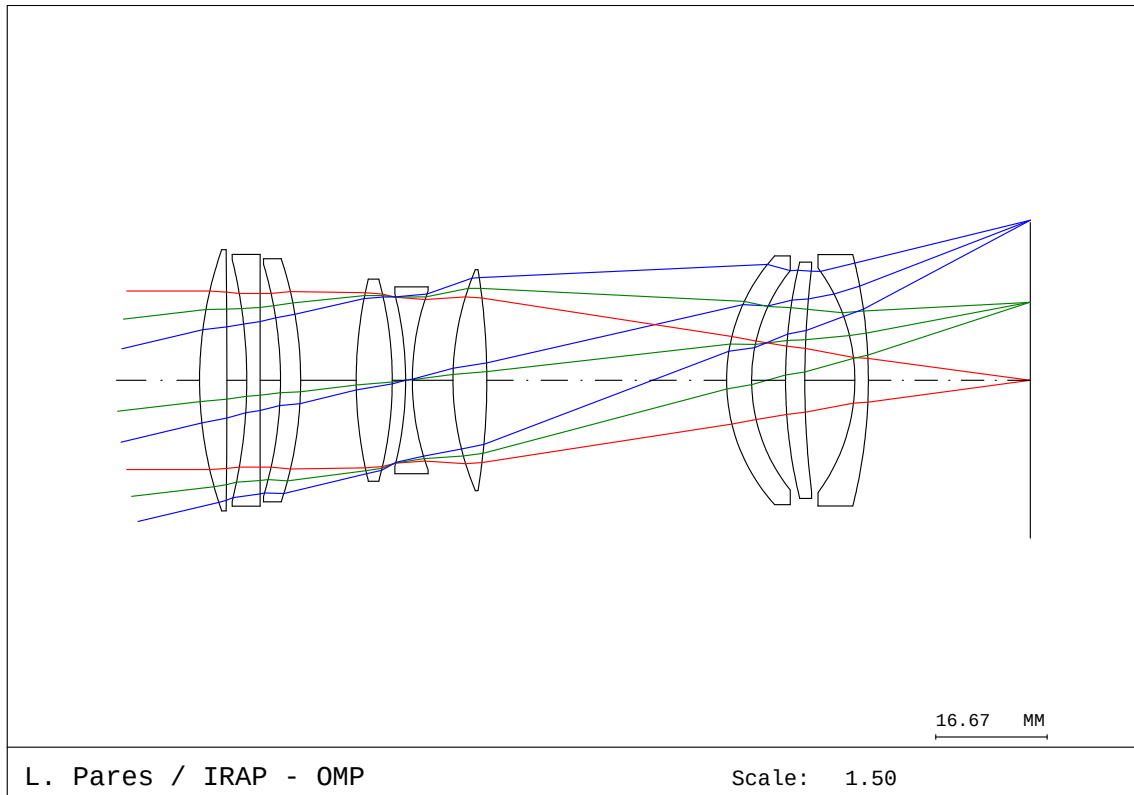
	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	35.143	1.863	SNPH1
L2	73.683	7.417	STIH4
	21.667	0.381	
L3	23.389	5.366	SFPM2
	-95.245	1.620	
L4	-74.976	0.931	SFPL53
⊗L5	-35.786	0.300	SNBH52V
	56.956	12.146	
L6	380.029	6.150	STIM25
	-23.079	0.316	
L7	-23.501	1.011	STIH3
	-49.079	56.979	
L8	-35.412	5.421	STIM2
L9	-25.107	0.100	STIL26
	-135.966	9.098	

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
OHARA	101.92	0.99029	14.85	13.86	0.6655	137.05



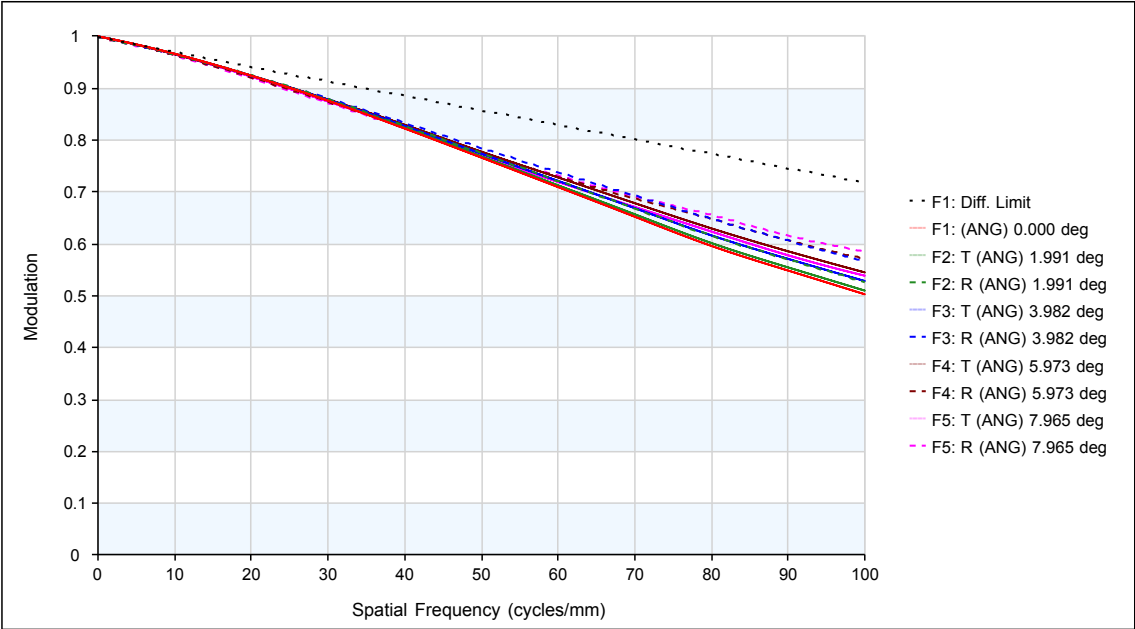
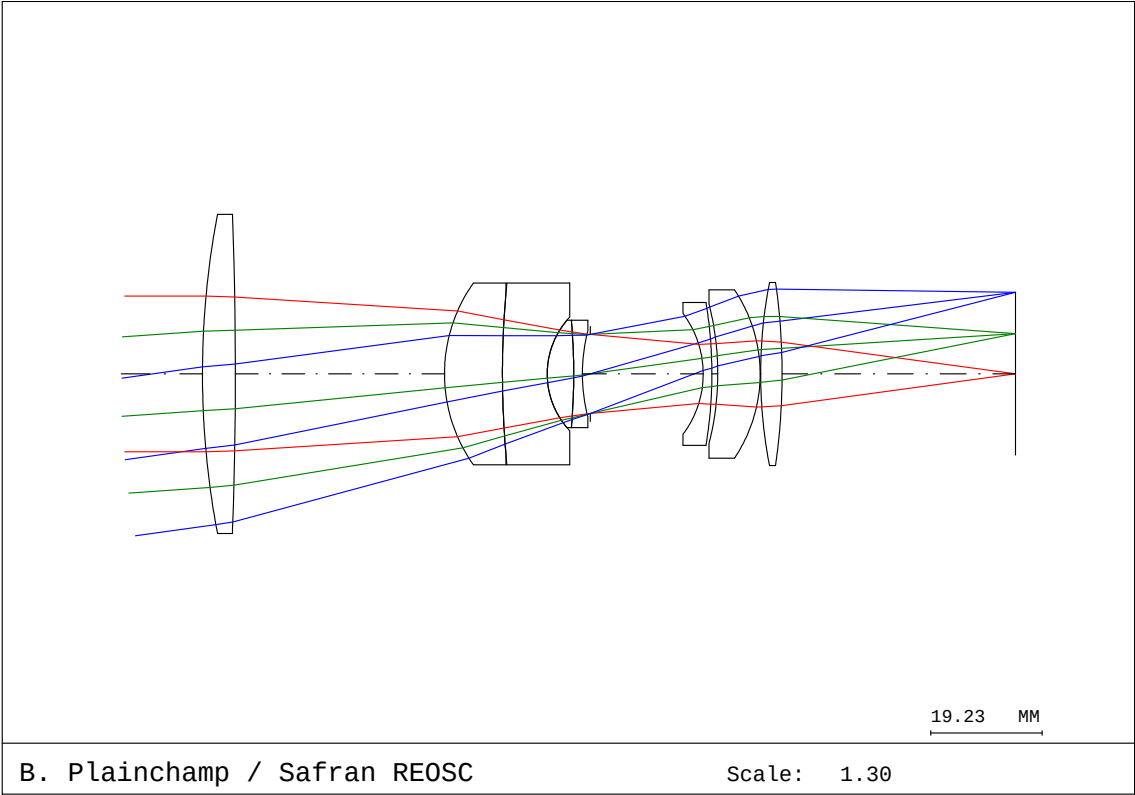
	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	256.453	4.000	BSM24
L2	−32.496	2.000	BSL7
	36.198	7.659	
L3	74.628	4.000	SBSM10
L4	−32.107	2.000	PBM1
	−54.583	0.505	
L5	−36.182	2.000	PBM6
L6	21.751	2.000	PBH4
L7	20.081	4.000	SBSM25
	−915.394	5.786	
⊗	—	13.111	
L8	350.558	2.000	BAH22
L9	28.559	2.000	SFSL5
L10	31.163	5.000	PBH4
	−64.183	24.235	
L11	95.133	6.500	SBSM25
L12	−22.681	2.000	PBM2Y
	37.309	1.704	
L13	110.089	7.500	BAM9
L14	−18.445	2.000	SNBH51
	−893.315	64.011	

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
SCHOTT	112.89	0.93807	26.72	13.27	0.7026	249.19



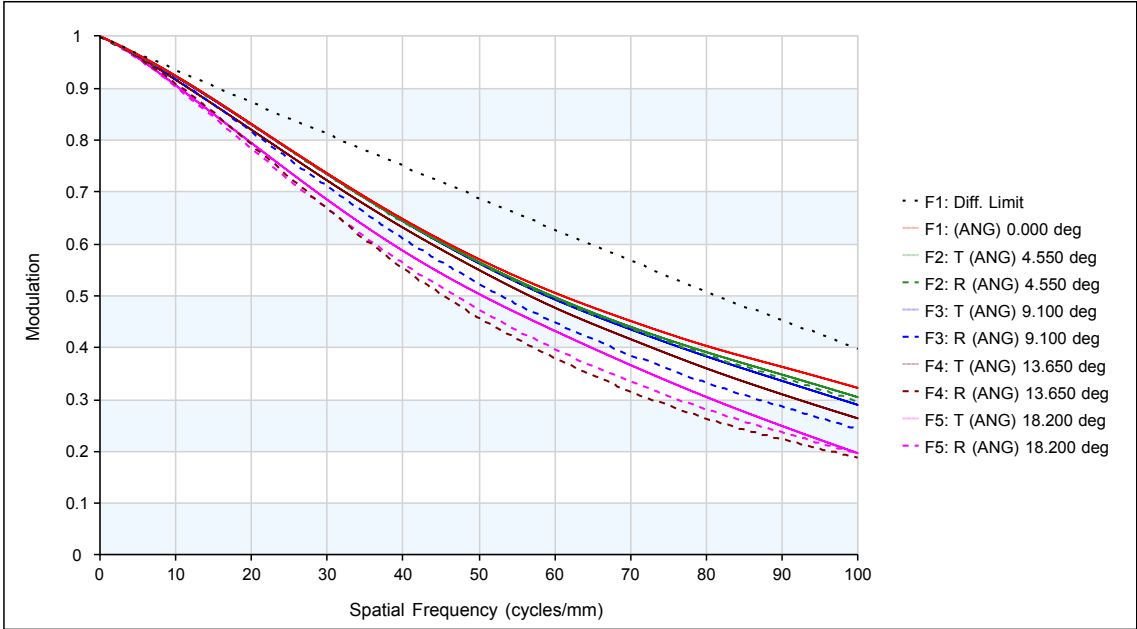
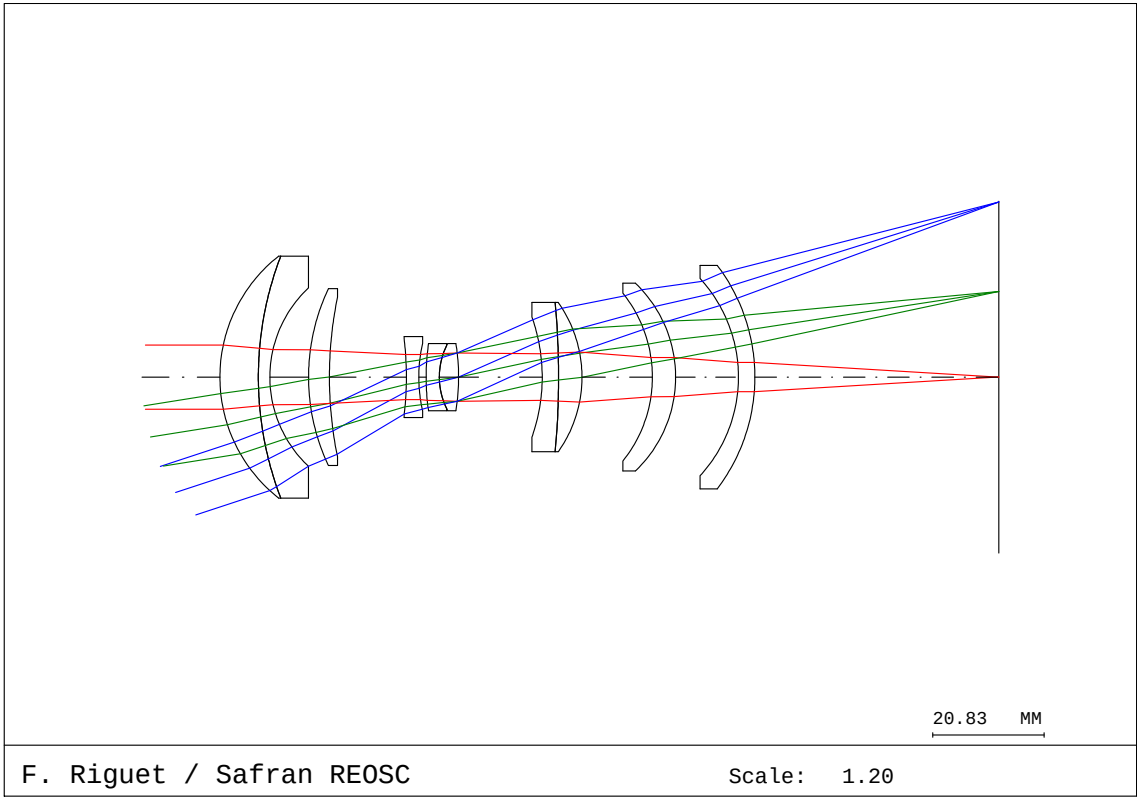
	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	59.344	4.094	NFK58
	-1838.763	2.959	
L2	-76.122	2.014	F5
	∞	3.030	
L3	-60.599	3.009	NSF66
	-58.401	8.315	
L4	63.756	5.386	NPK52A
	-57.465	2.003	
⊗L5	-52.250	1.006	NBK7
	39.355	6.078	
L6	42.426	5.058	NPK52A
	-104.152	35.866	
L7	27.683	3.738	SF5
	26.195	5.075	
L8	74.821	2.878	NBAF10
	139.123	7.472	
L9	-28.381	2.025	F2
	-77.109	24.220	

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
SCHOTT	100.66	0.99557	26.88	7.96	0.7678	164.39



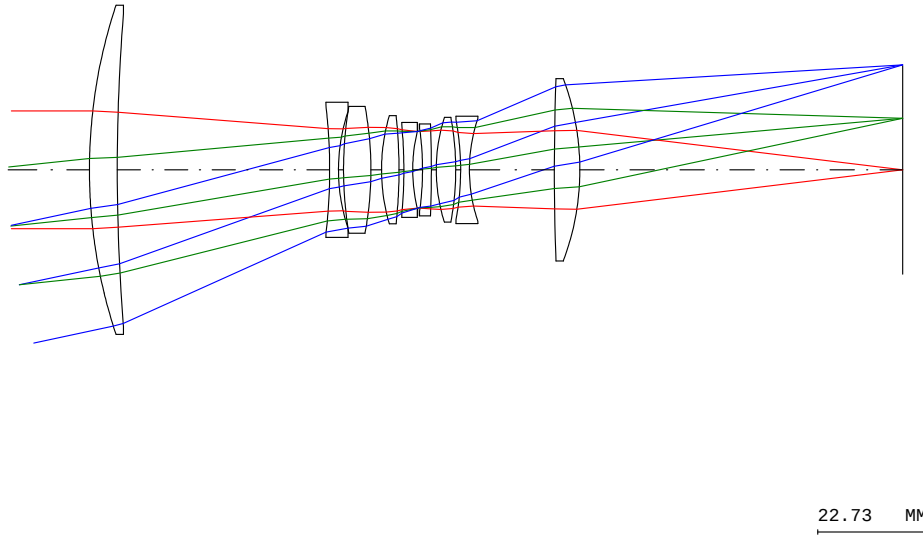
	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	147.874	5.665	NLF5
	-752.237	36.085	
L2	27.134	10.000	NPK51
L3	158.252	7.730	NKZFS4
L4	14.321	4.565	NPK51
L5	-107.782	1.500	NKZFS4
	29.817	1.350	
⊗	—	19.491	
L6	-17.341	1.500	LLF1
	-75.093	1.014	
L7	-48.656	7.313	NLAF2
	-26.043	0.100	
L8	83.212	3.686	NLAF2
	-111.256	40.297	

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
HIKARI	100.00	1.00000	12.00	18.20	0.4579	100.00



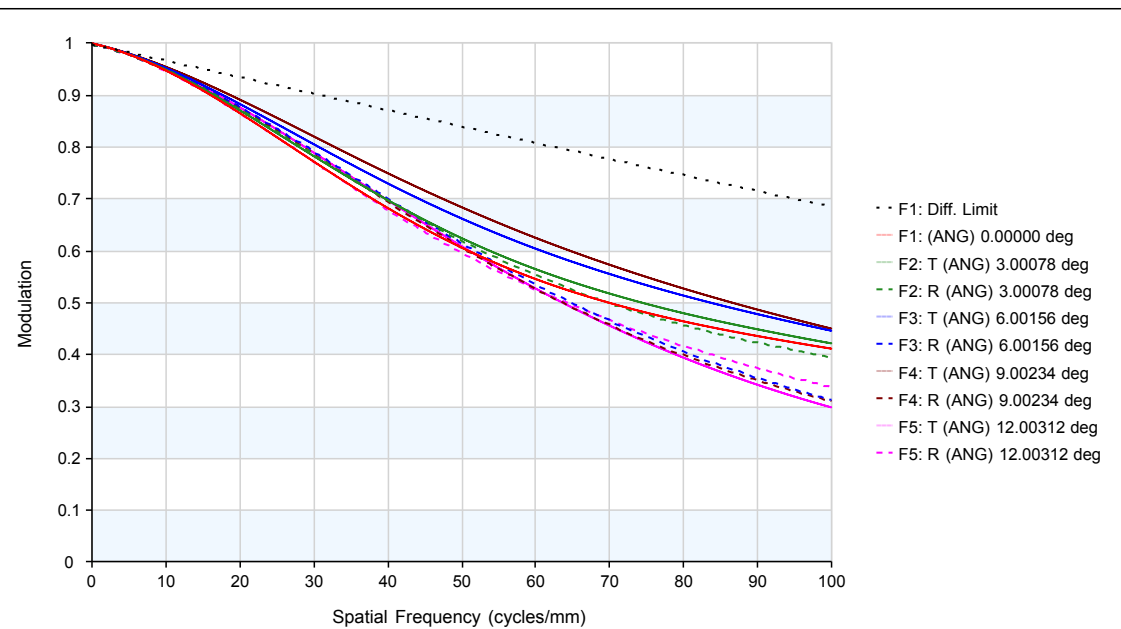
	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	28.790	7.187	JSF4
L2	63.199	2.150	JF1
	22.870	7.238	
L3	38.700	3.895	JSSK5
	74.217	14.383	
L4	-60.474	2.322	JSF15
	27.963	1.373	
L5	44.188	2.468	JSF8
L6	13.378	3.599	JSK16
⊗	-38.499	15.627	
L7	-33.728	3.064	JF2
L8	-151.797	4.372	JSF4
	-24.170	13.158	
L9	-25.109	4.351	JFK5
	-24.208	11.745	
L10	-27.237	3.068	JLASF013
	-34.529	45.596	

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
SCHOTT	99.96	1.00026	24.01	12.00	0.5971	172.05



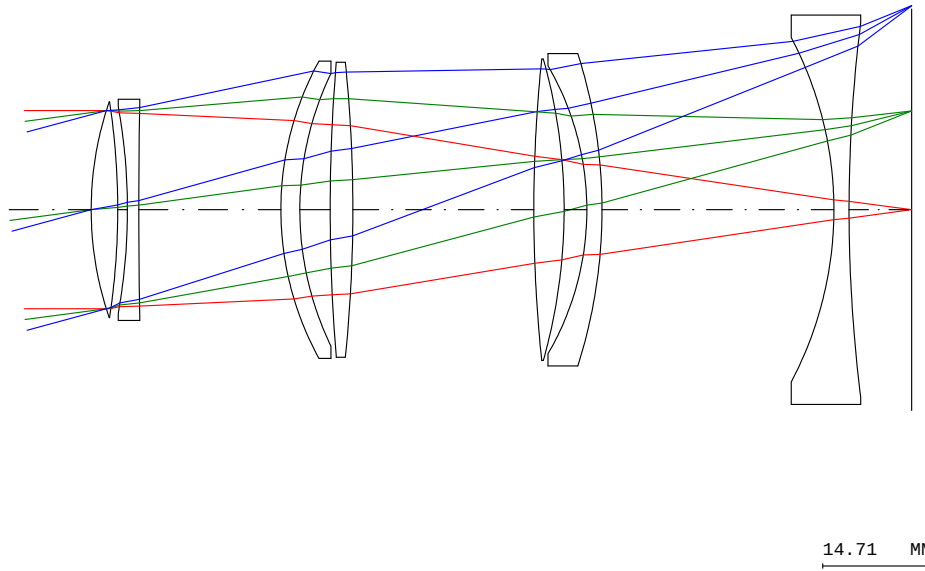
H. Sauer / IOGS

Scale: 1.10



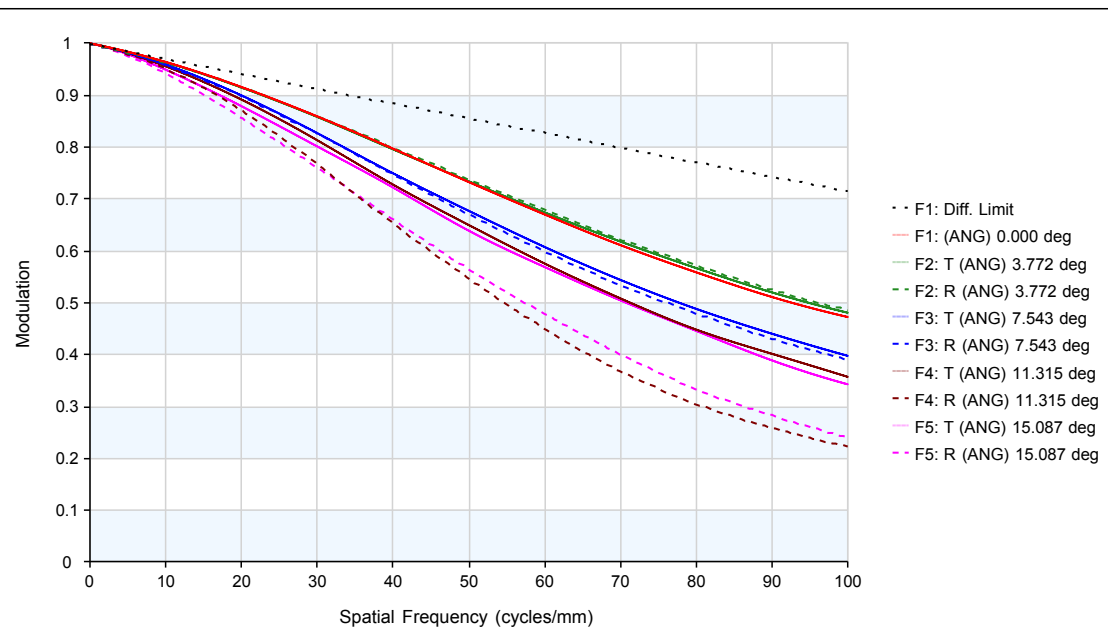
	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	106.715	5.681	NSF66
	407.677	43.302	
L2	-113.141	1.800	NSF14
	37.398	1.038	
L3	78.534	5.572	NLAK10
	-70.002	2.174	
L4	39.232	3.556	NLAF35
	-102.857	1.000	
L5	-95.972	1.800	KZFS8
	32.908	1.000	
⊗	—	1.000	
L6	-59.762	1.800	NSF14
	-241.568	1.000	
L7	35.128	3.963	NLASF31A
	-57.916	1.000	
L8	-55.991	1.800	NSF6
	32.961	17.324	
L9	535.374	5.192	NSF66
	-52.808	65.870	

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
OHARA	98.51	1.00579	26.15	15.09	0.5469	215.75



JF. Tanne / Safran E&D

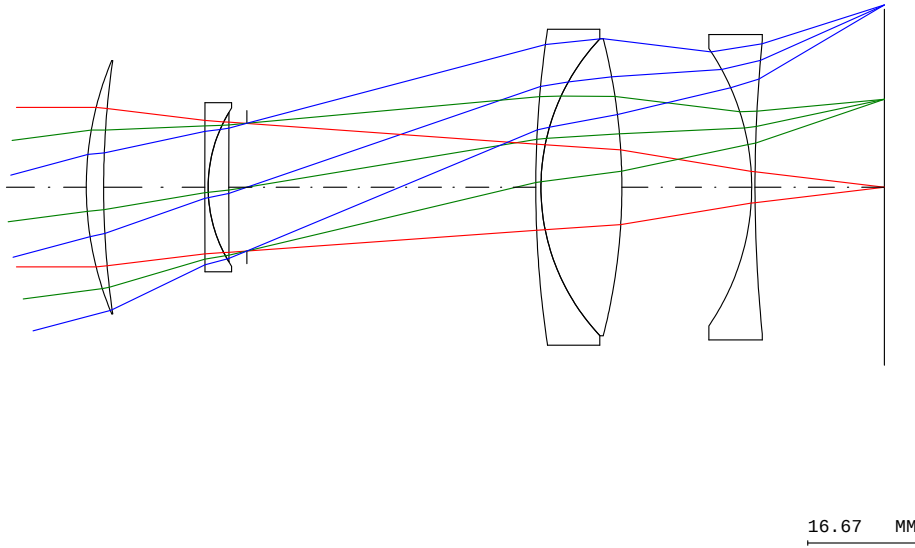
Scale: 1.70



	Rayon	Epaisseur	Matériau
Q L1	43.826	3.500	SFPL55
	-94.169	1.280	
L2	-77.304	1.500	SNPH1
	719.446	18.750	
L3	40.789	2.500	SNPH3
	41.504	4.000	
L4	232.305	3.000	SNPH3
	-190.199	23.870	
L5	188.430	4.000	SFPL55
	-73.554	3.000	
L6	-37.774	2.000	SNPH3
	-68.087	30.600	
L7	-48.632	2.000	SFPL55
	199.098	8.260	

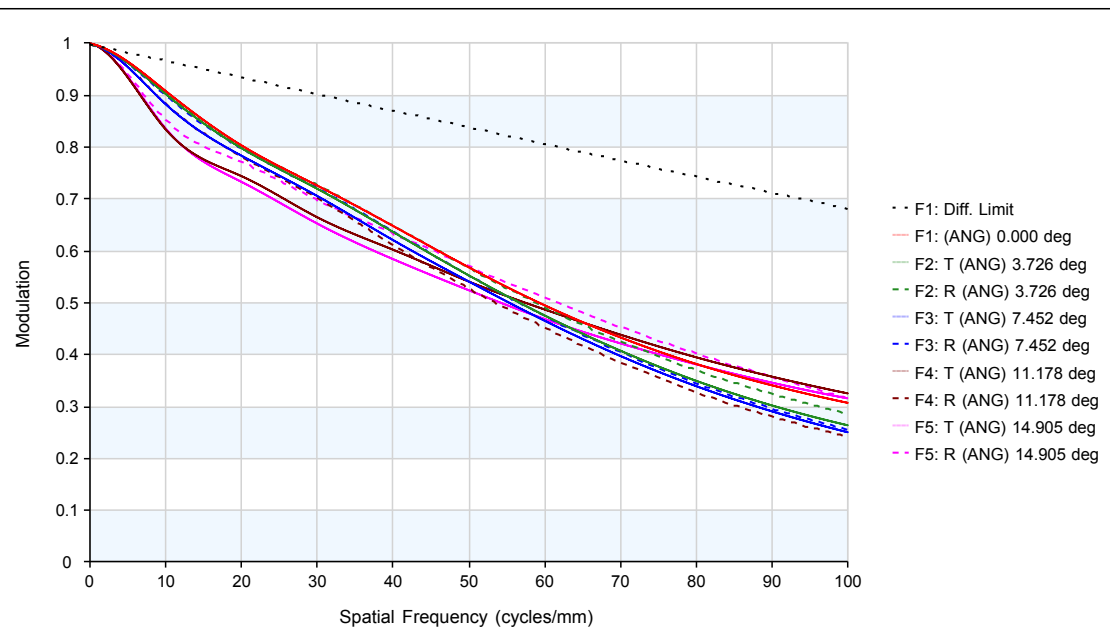
Note : la focale n'est pas dans le critère (98,2 mm).

Verrier	m_0	α	D	θ_{max}	C_{min}	Score
OHARA	101.46	0.99364	23.85	14.90	0.5244	186.40



D. Vorontsov / Light Tec

Scale: 1.50



	Rayon	Epaisseur	Matériau
L1	49.134	2.591	STIH14
	132.566	15.127	
L2	2208.255	0.500	LTIM28P
L3	21.658	3.085	SFPM2
	1715.168	2.704	
⊗	—	43.211	
L4	159.549	0.771	PBM2Y
L5	32.347	12.098	SBAH28
	−90.004	19.413	
L6	−36.778	0.500	SBAL14
	221.726	19.332	