

Ottica di una camera da presa

Obbiettivo

Assolve la funzione geometrica di centro di proiezione O. E' formato da un insieme di lenti ed ha uno spessore non trascurabile pertanto non può essere assimilato ad un punto. Dall'ottica geometrica si sa che è lecito considerare in esso l'esistenza di due punti nodali che risultano dall'intersezione dell'obbiettivo con i suoi piani principali. Sono tali che ogni raggio incidente in N_1 riemerge parallelamente a se stesso da N_2 . per distanza principale quindi si intende la distanza N_2P , del secondo punto nodale dal piano del fotogramma.

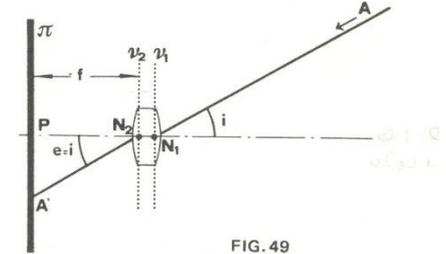


FIG. 49

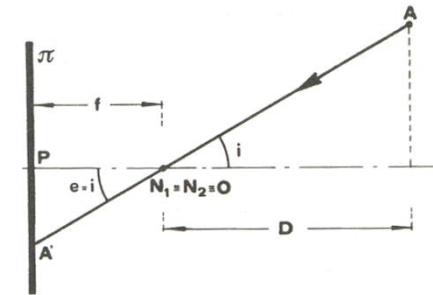


FIG. 50

In queste condizioni deve essere rispettata l'equazione di Gauss ossia

$$1/D + 1/d = 1/f$$

dove D è la proiezione sull'asse dell'obbiettivo della distanza del punto A dal primo nodo N_1 ; d è la distanza principale ovvero la distanza immagine da N_2 e f è la distanza focale.

Nelle camere aeree si può porre:

$$D = \infty \text{ e quindi si ha } d = f$$

Se l'obbiettivo assolvesse esattamente alla sua funzione la distanza r_i , dell'immagine A' dal punto principale P , varrebbe

$$r_i = f \cdot \tan i$$

per qualsiasi incidenza i del fascio luminoso.

Ottica di una camera da presa

Obiettivo

Sperimentalmente è stato trovato che per ogni distanza r_i e per la rispettiva incidenza i , la relazione

$$f = r_i / \tan i$$

non fornisce, per la distanza principale della camera, un valore costante di f . Si trova infatti che f varia con continuità al variare di i . Tale fenomeno viene rappresentato con un diagramma detto **Curva di variazione della distanza principale**.

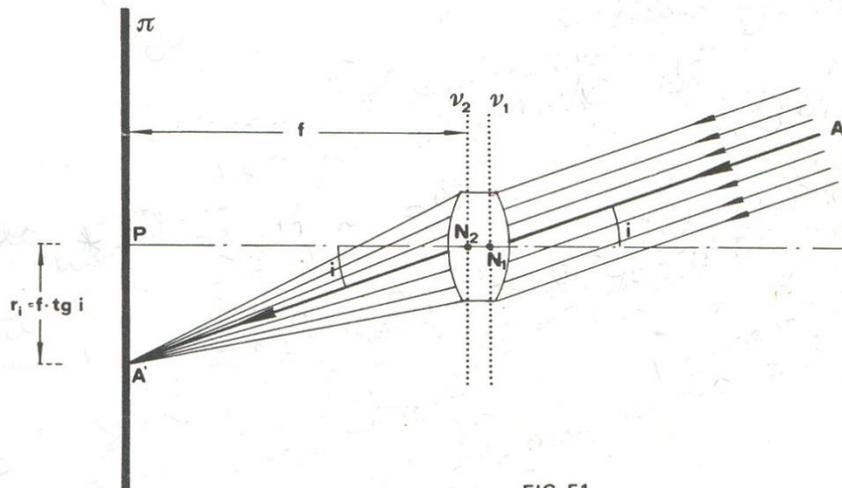


FIG. 51

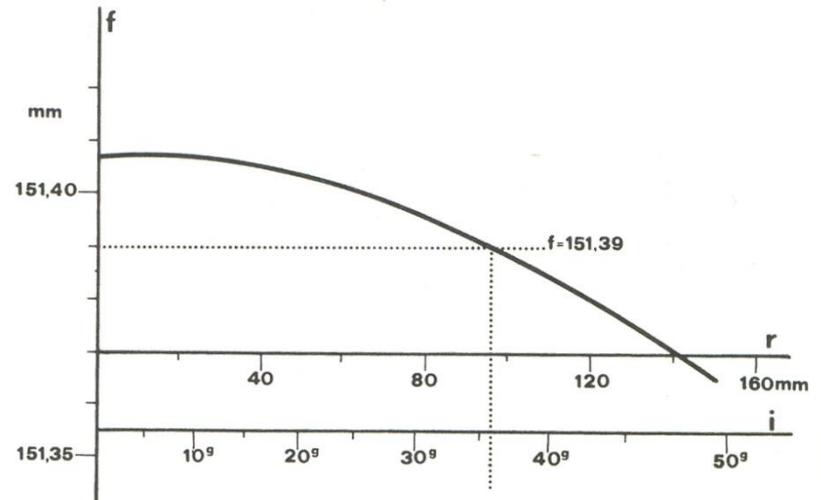


FIG. 54

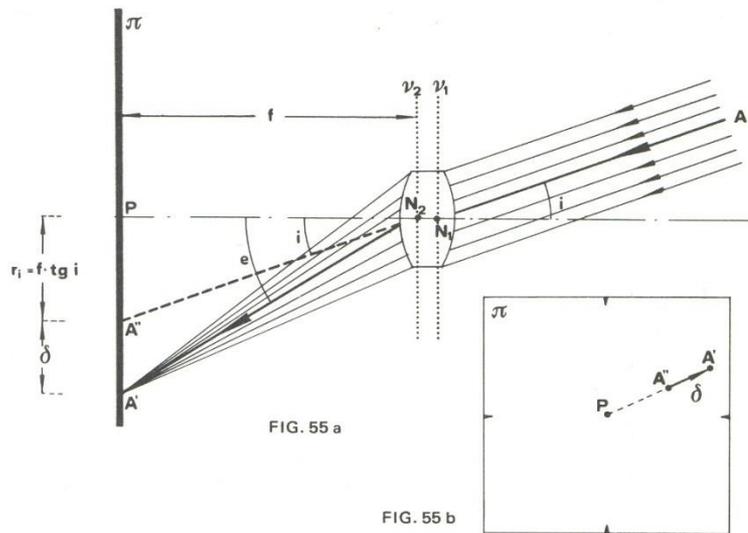


FIG. 55 a

FIG. 55 b

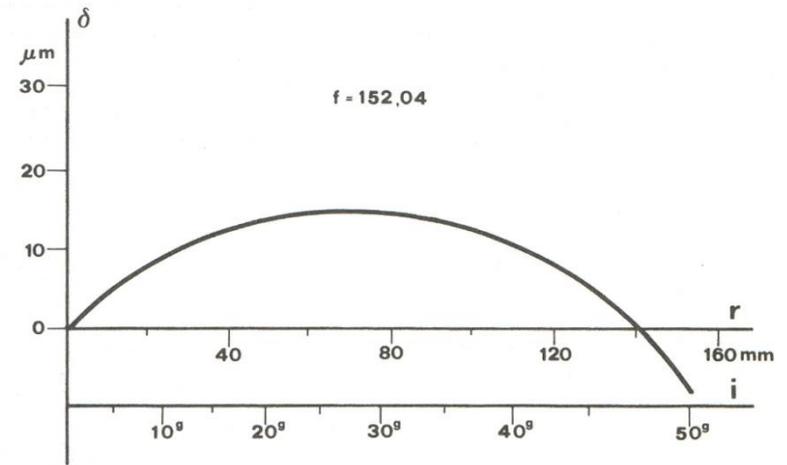


FIG. 56

La distanza principale p riportata nel certificato di calibrazione della camera è quel valore convenzionale che corrisponde ad una ben determinata incidenza i_f o distanza r_f . Per le camere 23 cm x 23 cm, la p viene data per il valore di r pari a $100.00\sqrt{2}$ mm (circa 141 mm).

Un altro problema legata all'ottica della camera è la distorsione dell'obiettivo che modifica ulteriormente la relazione nel seguente modo:

$$r_i = f \cdot \tan i + \delta_i$$

dove lo scostamento δ_i , anch'esso funzione di i viene detto **distorsione**. Può essere di tipo radiale o tangenziale e viene considerata positiva o negativa a seconda che il punto si allontani o si avvicini al punto principale P . La distorsione è nulla per $i=i_f$ e per $i=r=0$.

La distorsione di un obiettivo viene rappresentata dalla **curva della distorsione**. Il *Punto Principale di Simmetria* viene definito dal punto attorno al quale la distorsione residua dell'obiettivo presenta un optimum della simmetria nelle diverse direzioni diametrali.

Allo schema teorico di un obiettivo in cui si considerino i due piani principali incontranti l'asse ottico in N_1 ed N_2 , corrisponde nella realtà una successione di mezzi ottici diversi. All'asse ottico teorico fa riscontro in realtà un asse principale passante per O e normale al piano dell'immagine. Il suo prolungamento fisico incontra il piano immagine in A e non in A_0 , piede della perpendicolare da O . A prende il nome di *punto principale di autocollimazione*. I centri O e O_1 non coincidono con i punti nodali, per cui gli angoli α e α_1 non sono uguali fra loro. A un raggio passante per O dovrebbe corrispondere l'immagine P' in realtà, a causa della distorsione, va a cadere in P'_1 . Il punto O'_1 è il centro matematico della prospettiva. c è distanza principale, Δ è la distorsione in quel punto.

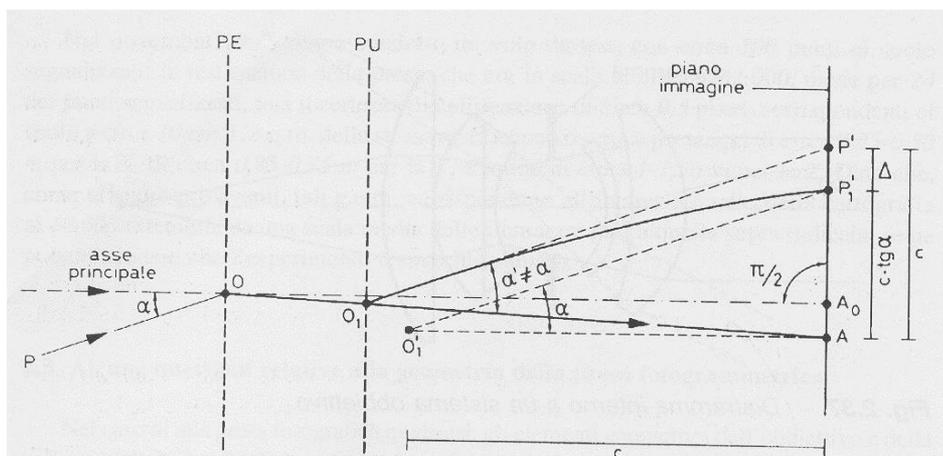
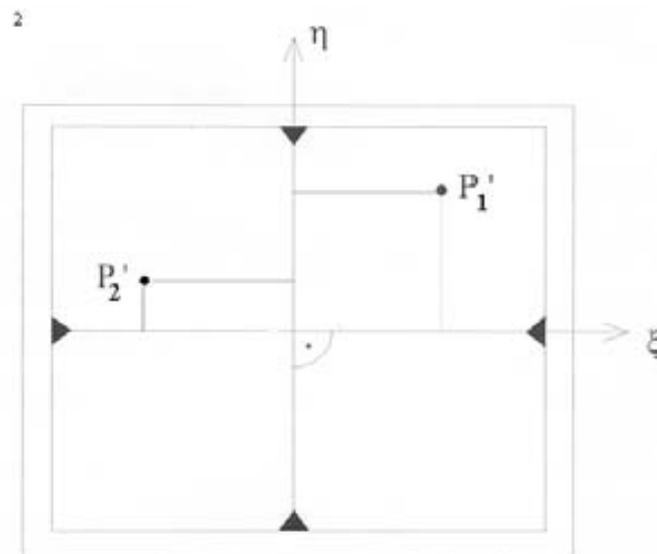
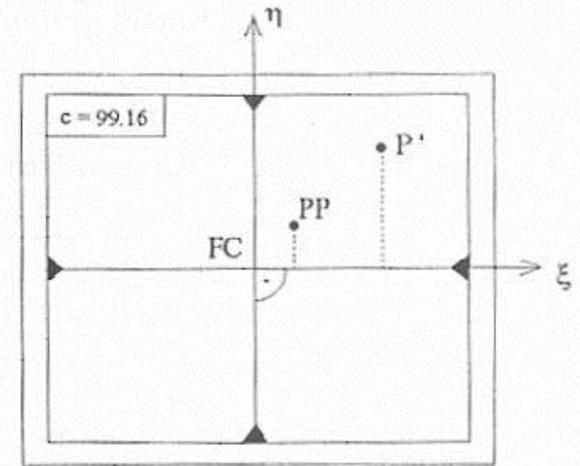


Fig. 2.39 - Punto principale di autocollimazione e distanza principale.



Il telaio della camera fotogrammetrica porta sempre dei segni fiduciali in posizione fissa. Il centro degli assi ottenuti congiungendo le marche, generalmente non coincide con il punto di autocollimazione. Le coordinate di questo rispetto agli assi del fotogramma si indicano con x_0 , y_0 e vengono riportate nel certificato di calibrazione della camera.



Le coordinate del punto di autocollimazione x_0 , y_0 , la distanza principale c e la curva di distorsione d sono identificati come i **parametri di orientamento interno** della camera da presa fotogrammetrica. Sono indicati nel certificato di calibrazione della camera.

Sistema di riferimento interno della camera

- origine del sistema coincidente con il centro dell'obiettivo;
- asse z coincidente con l'asse ottico dell'obiettivo;
- assi x ed y paralleli alle congiungenti delle marche fiduciali; viene assunto come asse x quello che congiunge le marche che si trovano sui due lati del fotogramma che sono approssimativamente paralleli alla direzione di volo.

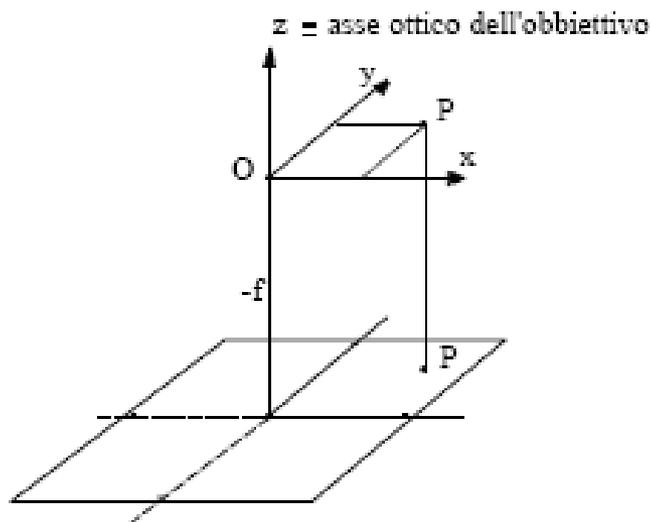
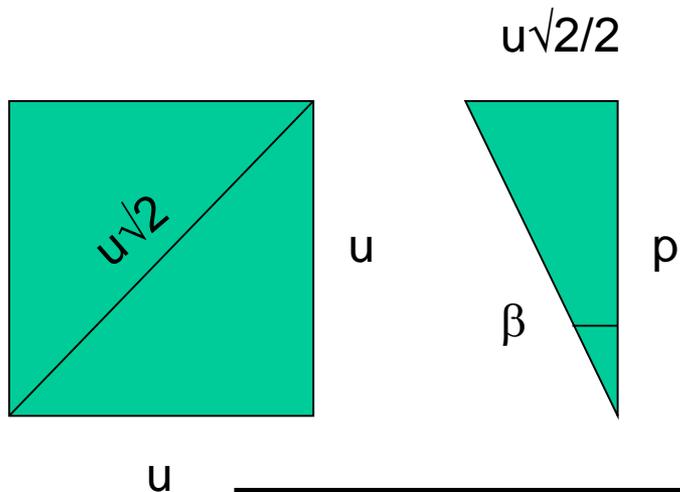


figura 14

Campo o abbracciamento dell'obbiettivo

Le aberrazioni dell'obbiettivo di una camera da presa sono tollerati soltanto entro un certo campo di incidenza sul suo asse. L'apertura di un tale cono si chiama campo o abbracciamento dell'obbiettivo (2β). In base a tale campo si classificano le camere di campo normale, grandangolari e supergrandangolari.



$$\operatorname{tg} \beta = \frac{u\sqrt{2}}{p \cdot 2}$$

$$t\beta = \operatorname{arctg} \frac{u}{p \cdot \sqrt{2}}$$

	Normale	Grandangolare	Supergrandangolare
Campo	$2\beta \leq 75^\circ$	$75^\circ < 2\beta < 130^\circ$	$2\beta > 130^\circ$
Distanza principale	$\approx 300 \text{ mm}$	$\approx 150 \text{ mm}$	$\approx 70 \text{ mm}$

Potere risolutivo

E' un'informazione della nitidezza dell'immagine. Viene espresso dal numero max di linee bianche e nere per mm che possono essere definite tra loro in tutto il campo dell'immagine. Si arrivano ad avere i seguenti valori.

Campo	Normale	Grandangolare	Supergrandangolare
Potere risolutivo	70 l/mm	50 l/mm	40 l/mm

Prese aeree	Prese terrestri
23x23 cm ² 18x18 cm ²	6x9 cm ² 9x12 cm ² 10x15 cm ² 13x18 cm ²

Formato dei fotogrammi

Supporto fotogramma

Un problema che si ha nelle camere analogiche è legato alla **planarità** e alla **deformabilità** del fotogramma.

Ogni scostamento del fotogramma, al momento della presa, dal piano immagine si riflette in un errore locale della distanza principale.

Per evitare ciò si usano strumenti che spianano la pellicola rendendola complanare.

Per quanto riguarda le deformazioni della pellicola in fase di sviluppo, vengono impresse ai margini del fotogramma le marche fiduciali solidali alla camera e di cui si conoscono le coordinate nel sistema lastra.

In questo modo è possibile, collimando le marche fiduciali e misurandone la distanza, controllare le deformazioni del fotogramma. Nel caso in cui il fotogramma sia uniformemente deformato la stella proiettante può essere lo stesso ricostruita, basterà apportare una variazione alla distanza principale proporzionale alla deformazione subita dal fotogramma.

La calibrazione della camera metrica

E' l'operazione che ci permette di determinare per via sperimentale i parametri dell'orientamento interno di una camera che sono:

- la distanza principale c
- le coordinate immagine del punto principale x_0, y_0
- la distorsione

Per la definizione fisica del sistema di coordinate dell'immagine ed il corrispondente centro di proiezione si fa uso delle marche fiduciali in ogni fotografia. L'intersezione delle linee congiungenti marche fiduciali opposte determina il centro fiduciale FC.

La definizione del punto principale risulta diversificata: esso viene alternativamente individuato sia dal punto principale di autocollimazione (PPA), sia dal punto principale di simmetria (PPS), dato che la determinazione della sua posizione viene effettuata per via sperimentale. Il PPA viene definito dall'immagine di un fascio di raggi paralleli all'asse ottico dell'obiettivo, provenienti dallo spazio oggetto e passanti attraverso l'obiettivo stesso in direzione normale al piano focale della camera. Il PPS viene invece definito dal punto attorno al quale la distorsione residua dell'obiettivo presenta un optimum della simmetria nelle diverse direzioni diametrali. Molte camere fotogrammetriche sono realizzate in modo che PPA (punto principale di autocollimazione) e PPS (punto principale di simmetria) giacciono all'interno di un cerchio che ha come centro FC e un raggio di 20 mm.

La calibrazione della camera metrica

Il certificato di calibrazione di una camera fotogrammetrica fornisce le seguenti informazioni riguardo l'orientamento interno:

- Le coordinate immagine delle marche fiduciali
- Le coordinate PPA, PPS e FC
- La distanza principale c
- La curva fondamentale della distorsione radiale
- La data di calibrazione
- Informazioni sulla luminosità dell'immagine (non sempre)

La calibrazione della camera è un'operazione che deve avvenire periodicamente, infatti il trasporto e le variazioni di temperatura e di pressione possono influire sulle condizioni ottico-geometriche della camera. In Italia in molti capitolati vengono richieste camere con certificati di calibrazione non più vecchi di 2-3 anni.

15/06/98

12:17

COMPAGNIA GENERALE + 070 6755405

N0437 DA

CERTIFICATO CAMERA THARROS

CAMERA CALIBRATION CERTIFICATE

CAMERA TYPE : RCS/RCS
 LENS TYPE : 15 UAG
 LENS NO. : 411

CALIBRATION DATE : 16.01.93

WILD LEITZ LTD

Leica

Leica Heubronn Ltd
 CH-9425 Heubronn

Calibration Department
 Supervisor



15/06/98

12:18

COMPAGNIA GENERALE + 070 6755405

N0437 003

CAMERA CALIBRATION

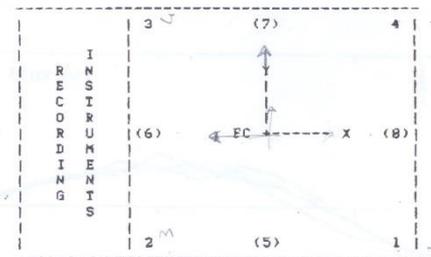
CAMERA: RCS/RCS LENS: 15 UAG NO.: 411 CALIBRATION DATE: 16.01.93

PRINCIPAL POINT OF AUTOCOLLIMATION (PPA) AND
PRINCIPAL POINT OF SYMMETRY (PPS)-----
REFERRED TO EC, SEE DIAGRAM

	X (MM)	Y (MM)
PPA	0.002	0.002
PPS	0.008	-0.004

FIDUCIAL MARKS, REFERRED TO EC

	X (MM)	Y (MM)
1	106.004	-106.003
2	-106.003	-106.001
3	-106.004	106.002
4	106.002	106.001



AS SEEN ON FOCAL PLANE FRAME



CAMERA CALIBRATION

CAMERA: RC5/RC8 LENS: 15 UAG NO.: 411 CALIBRATION DATE: 16.01.93

APERTURE : F / 5.6
 FILTER ON GONIOMETER : 450 NM
 FILTER ON CAMERA : --
 CALIBRATED FOCAL LENGTH : 151.77 MM

RADIAL DISTORTION (MICROMETERS)

REFERRED TO PRINCIPAL POINT OF SYMMETRY (PPS)
 (POSITIVE VALUES DENOTE IMAGE DISPLACEMENT AWAY FROM CENTER)

RADIUS MM	SEMI - DIAGONALS				MEAN
	1	3	2	4	
10	1.5	1.4	1.3	1.8	1.5
20	2.9	2.9	3.4	2.9	3.0
30	3.8	4.1	4.2	3.7	3.9
40	5.9	4.8	4.1	4.2	4.7
50	5.2	5.1	7.0	4.4	5.4
60	3.5	5.7	5.1	4.9	4.8
70	4.7	5.5	3.7	4.9	4.7
80	1.2	4.2	2.7	3.1	2.8
90	-1.4	1.3	0.5	0.2	0.1
100	-3.9	-2.0	-2.2	-2.1	-2.5
110	-4.6	-4.6	-4.8	-5.0	-4.7
120	-6.2	-6.2	-7.0	-6.3	-6.4
130	-5.2	-5.2	-6.6	-5.8	-5.7
140	-1.1	-1.6	-2.5	-1.8	-1.7
148	7.4	3.6	6.0	4.4	5.3

PHOTOGRAPHIC RESOLUTION (LINE PAIRS PER MILLIMETER)

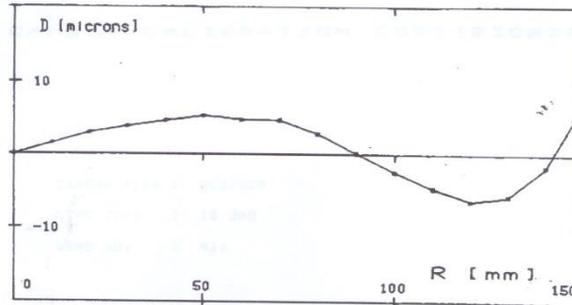
INTERNATIONAL 3-LINE TEST-CHART, CONTRAST (LOG) : 2.0
 APERTURE : 5.6
 FILTER : 450 NM
 FILM : AGFAPAN 25 PROFESSIONAL (ASA SPEED: 25)
 DEVELOPER : KODAK HC110 PREPARATION 2 SOLUTION C

ANGLE: (DEGREES)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
RAD.	53	53	52	51	56	48	52	49	26	9
TANG.	53	53	51	49	47	49	45	40	35	21

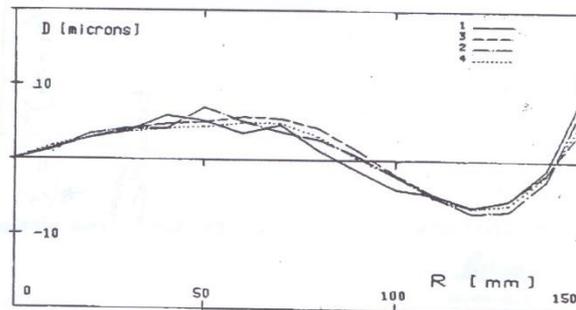
AWAR (AREA WEIGHTED AVERAGE RESOLUTION) IN LP/MM : 45

RC5/RC8 15 UAG NO. 411 16.01.93

APERTURE : F / 5.6
 FILTER ON GONIOMETER : 450 NM
 FILTER ON CAMERA : --
 C.F.L. : 151.77 MM



MEAN RADIAL DISTORTION CURVE



RADIAL DISTORTION FOR SEMI-DIAGONALS REFERRED TO PPS