

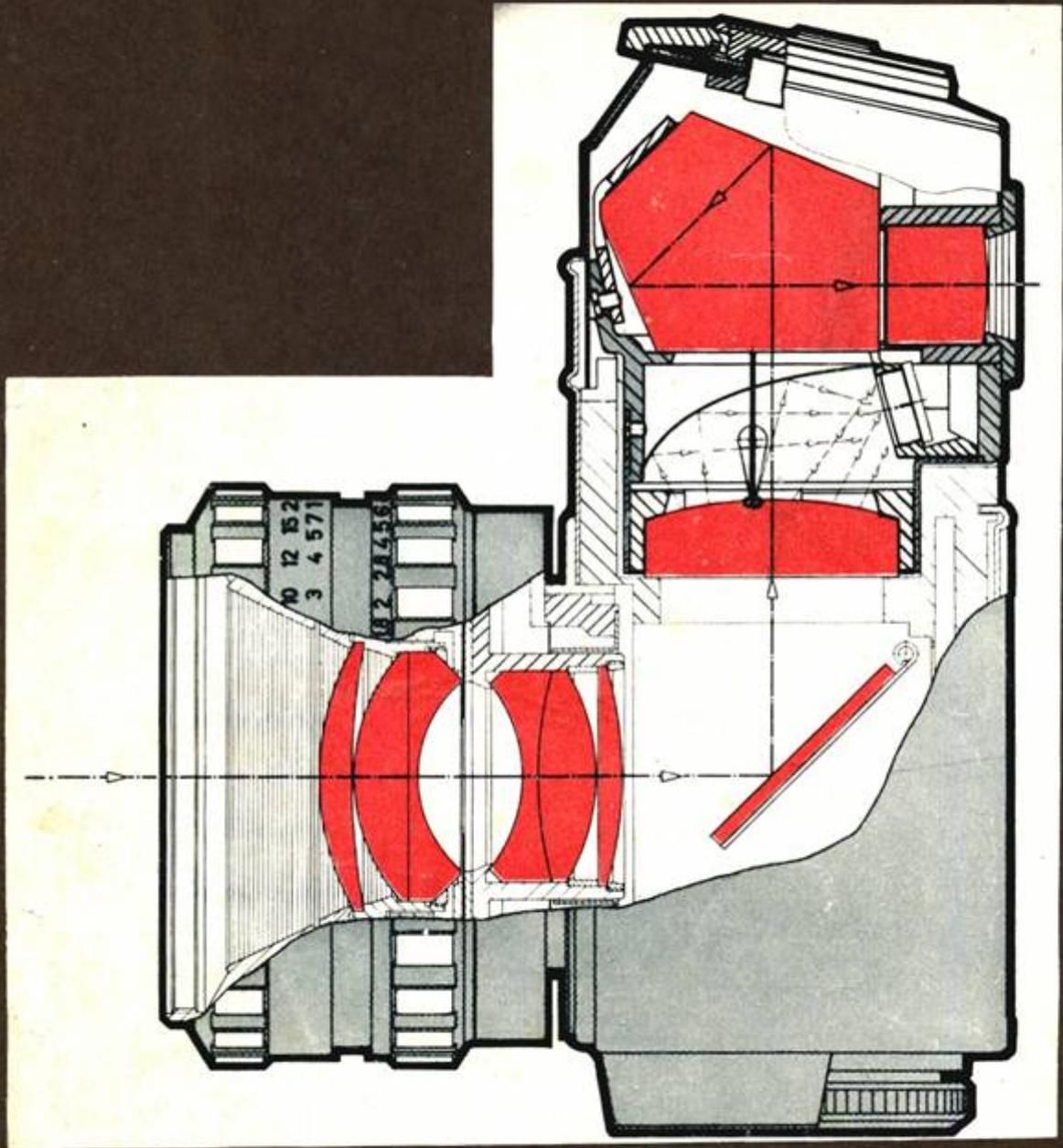
**LA TECHNOLOGIE DES
APPAREILS PHOTOGRAPHIQUES
MODERNES**



François-Xavier BIBERT

Ecole des Mines de Douai

Mai 1969



**LA TECHNOLOGIE DES
APPAREILS PHOTOGRAPHIQUES
MODERNES**



François-Xavier BIBERT

Ecole des Mines de Douai

Mai 1969

L'automatisation a entraîné dans le domaine de la photographie une réduction constante du poids et du volume des appareils de prise de vue.

C'est pourquoi aujourd'hui les appareils livrant des négatifs de format 13x18, 9x12 et 6x9 cm ont à peu près disparu du marché (à l'exception des chambres pour professionnels ou pour amateurs avertis) et actuellement la vogue est au format 24x36 mm, concurrencé d'ailleurs par le 28x28 et le 18x24 mm.

Il a fallu pour cela que les techniques de l'optique et aussi la fabrication des appareils photographiques réagissent pour aller vers cette miniaturisation à laquelle nous assistons depuis plusieurs années.

Le marché du matériel de prise de vue est maintenant solidement établi et accaparé presque exclusivement par les Allemands et les Japonais.

C'est sous l'impulsion de ces derniers d'ailleurs que les plus gros progrès ont été faits, car leur témérité technologique est sans rivale et leurs réalisations ont fini par concurrencer sérieusement les plus vieilles firmes allemandes qui ont dû faire de gros efforts, voire même se grouper, pour rester présentes aux premières places.

-0-0-0-0-0-0-

TABLE DES MATIÈRES

Table des matières	5
Bibliographie	7
Avertissement	9
<u>Généralités sur la visée reflex</u>	11
<u>Constitution générale d'un appareil reflex</u>	13
<u>L'objectif photographique</u>	15
I. <u>Eléments théoriques</u>	15
A. focale	16
B. Champ	18
C. Ouverture relative	18
D. Clarté efficace	20
E. Netteté	21
1. Pouvoir séparateur de l'objectif	22
2. Profondeur de foyer	24
3. Profondeur de champ	25
F. Aberrations	29
II. <u>Technologie des objectifs</u>	33
A. Verres d'optique	33
B. Fabrication des lentilles	34
C. Traitement des objectifs	35
D. Les parties mécaniques	38
1. Le diaphragme	38
2. Le dispositif de mise au point	39
III. <u>Différents types d'objectifs</u>	41
A. Objectifs de focale ordinaire et d'utilisation courante	41
B. Les objectifs de courte focale	45

C. Téléobjectifs	46
D. Objectifs et dispositifs optiques spéciaux	
- Accessoires	50
1. Objectifs de focales variables	50
2. Modificateurs de focale	51
3. Objectifs à décentrement	51
4. Objectifs à portrait	52
5. Objectifs à base universelle	53
6. Macrophotographie	53
<u>Le bloc de visée « reflex »</u>	55
I. <u>Le miroir à 45°</u>	56
Miroir escamotable	56
Miroir fixe	56
II. <u>Le verre de visée</u>	57
Le stigmomètre	57
Le réseau de microprismes	58
III. <u>Dispositifs d'observation de l'image</u>	61
<u>Le dispositif de réglage de l'exposition</u>	65
<u>Un peu d'histoire</u>	65
<u>Les posemètres</u>	66
1. Cellule au sélénium	66
2. Cellule au sulfure de cadmium	70
<u>Place de la cellule</u>	72
<u>Exploitation de la mesure fournie par le posemètre</u>	77
1. Dispositifs mécaniques	77
2. Dispositifs électroniques	79
<u>Les obturateurs</u>	81
Obturateurs centraux	81
Obturateurs focaux ²	83
<u>Principaux appareils reflex</u>	85

BIBLIOGRAPHIE

Les combinaisons optiques	Jean BURCHER
Optique	DEVORE et ANNEQUIN
L'objectif photographique	Robert ANDREANI
Optique Théorique	Jean TERRIEN
Photographische Optik	Georg FRANCE
La photographie et le cinéma d'amateur	Jean ROUBIER
La cellule photoélectrique	Jean TERRIEN
Vers l'appareil robot	Robert BELLONE
Pratique des petits formats Reflex	N.BAU et A.THEVENET
Collection PHOTO - CINE - REVUE	
Collection PHOTO - CINEMA	
Documentation fournisseurs	

-0-0-0-0-0-0-

AVERTISSEMENT

Photographe amateur de longue date, j'ai toujours recherché un ouvrage qui me permettrait de comprendre en profondeur le fonctionnement de plus en plus complexe des appareils photos que j'utilisais...

Hélas, entre les ouvrages très théoriques destinés aux Ecoles supérieures d'optique, et les ouvrages de vulgarisation traitant de la photographie, il existe un grand trou...

En effet, les ouvrages théoriques englobent généralement tous les instruments d'optique dans des définitions et calculs communs et ne sont pas mis à jour suffisamment rapidement pour faire apparaître les progrès extraordinaires de la technologie actuelle. Il faut piocher les renseignements utiles aux photographes (quelques pages) dans une masse de documents que le seul volume rend rébarbatifs, et qui en tout état de cause ne sont pas assez pratiques.

Les ouvrages de vulgarisation pour leur part (Editions MONTEL et DE FRANCIA) ont des buts avoués très honnêtes mais des buts réels beaucoup plus lucratifs.

Ils sont évidemment très accessibles mais ne présentent que peu d'intérêt pour celui qui veut dépasser le cadre étroit des presseurs de boutons et des tourneurs de manivelles ! Ils sont d'ailleurs rédigés par des gens, qui connaissant bien leur sujet, mais devant plaire à l'éditeur, délayent leur texte sans plan précis, sans beaucoup de théorie et malheureusement parfois avec certaines erreurs ou omissions graves.

Les ouvrages japonais, certainement intéressants, n'étant pas traduits, des encyclopédies à France-Dimanche, j'ai trouvé la place assez large pour essayer de rédiger une étude succincte sur la technologie des appareils photographiques.

Pour rédiger les quelques pages qui vont suivre, j'ai évidemment utilisé les ouvrages de vulgarisation, mais je me suis efforcé d'y joindre un minimum d'éléments théoriques et un maximum de données précises fournies directement par les constructeurs de matériel photographique.

Malheureusement ceux-ci doivent être totalement apeurés par les dangers de l'espionnage industriel (surtout les Allemands et on les comprend, dans une certaine mesure) qu'à part la masse, l'avalanche, le déluge de prospectus remplis de beaux dessins, de « belles japonaises » et de beaucoup d'erreurs techniques plus volontaires les unes que les autres, ces constructeurs importateurs et revendeurs n'ont pu m'être d'un grand secours.

Si bien que, n'ayant pas les moyens de me procurer un appareil pour le mettre en pièces, j'ai du parfois faire de gros efforts d'imagination pour réagencer le puzzle mécanique ou électronique caché sous le boîtier de l'appareil.

Regrettant un manque d'information technique, j'espère malgré tout que ce petit travail de reconstitution n'est pas trop bancal.

En tout état de cause, j'ai appris beaucoup et c'est déjà là un point positif...

-0-0-0-0-0-0-

Généralités sur la visée « Reflex »

Il existe un grand nombre de catégories d'appareils photographiques et il faudrait un tableau à « n » entrées pour pouvoir résumer simplement leurs caractéristiques.

Mais indiscutablement, l'appareil photographique moderne est « le Petit Format Reflex », qui n'a pratiquement pas de limites et c'est à lui que va être consacrée cette étude, car tout ce que l'on retrouve sur d'autres types d'appareils existe ou peut exister sur un reflex 24x36.

L'appareil 24x36 mm avec visée réflexe connaît un succès sans cesse grandissant. L'image réelle sans parallaxe que l'on voit à travers l'oculaire du viseur est exactement celle qui va impressionner le film ; toutes les erreurs de cadrage et de mise au point deviennent pratiquement impossibles.

Quel que soit l'objectif employé, depuis la plus courte focale jusqu'à la plus longue, l'opérateur dispose du contrôle total de l'image dès la mise en place de l'objectif. Il est ainsi possible de réaliser en toute quiétude des photos de près au moyen de lentilles additionnelles, de soufflets ou de tubes-allonges et des photos de détails au téléobjectif avec un cadrage parfait.

La visée réflexe a favorisé d'autre part la construction et la diffusion des objectifs spéciaux comme le « fish eye » de focale extrêmement courte (7,5 mm) et englobant donc un champ de près de 180°. Ces objectifs considérés par certains comme un « gadget » peuvent avoir en fait des fins plus utiles, comme le contrôle des cuves, des cylindres, des puits et des fours....

Les objectifs à décentrement sont également des sous-produits de la visée réflexe, et permettent des vues de bâtiments et monuments élevés sans déformations.

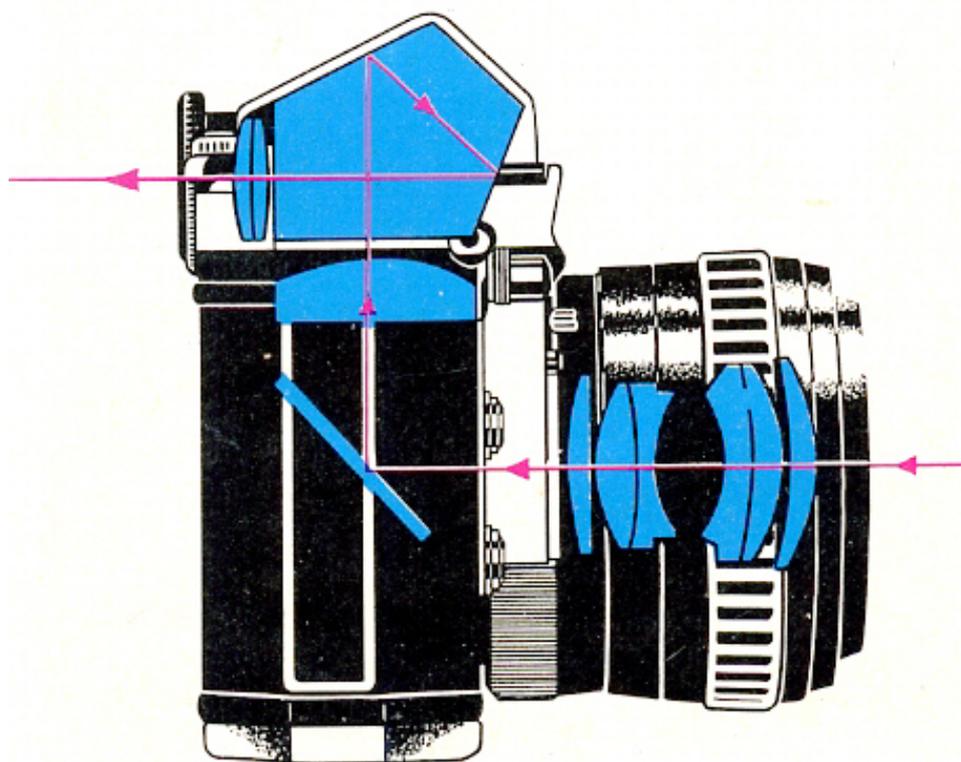
La visée réflexe favorise d'autre part la diffusion des objectifs de focale variable et des multiplicateurs de focale.

La mesure de l'exposition, elle même a fait d'énormes progrès, car sur les appareils photographiques modernes il est maintenant possible de

déterminer non plus la lumière réfléchiée par le sujet, mais la quantité de lumière qui frappe le verre dépoli où l'image se forme, et ce, quels que soient les accessoires utilisés (filtre, tube-rallonge, etc.)

Débordant le cadre de l'amateurisme, la visée réflexe a conquis enfin ses titres de noblesse dans l'industrie et dans la recherche scientifique puisqu'elle permet l'utilisation d'objectifs spéciaux pour la photographie médicale, la photographie en infra-rouge, en ultra-violet, etc.

Dans ce qui va suivre, nous essaierons de « démonter » l'appareil Reflex pour faire apparaître les caractéristiques de son objectif, de son bloc de visée, de ses mécanismes et de ses accessoires et démontrer ainsi les incomparables avantages de ce type d'appareil, qui nous font dire qu'il est à l'heure actuelle, « l'appareil photographique moderne ».



Constitution générale d'un appareil « Reflex »

1. Armement rapide.
(l'armement de l'obturateur, du miroir à retour rapide et du diaphragme se fait simultanément avec le transport du film.)

2. Compteur automatique de poses

3. Déclencheur

4. Disque pour le réglage des temps d'exposition

5. Levier de réglage à main
(pour les poses longues et . tous les cas de photographie en dehors du système électronique, ce levier est pivoté et libère le mécanisme de l'automatisme en permettant l'interprétation personnelle.)

6. Viseur pentaprisme

7. Réglage automatique de pose EE
(le réglage automatique du diaphragme est assuré quand la bague est positionnée sur le repère EE)

8. Réglage manuel du diaphragme



9. Déclencheur automatique

(La durée du retardement souhaitée est modifiée par l'angle formé par ce levier lors de l'armement)

10. Bouton de positionnement manuel du diaphragme

(le diaphragme amené à sa valeur sélectionnée pendant la visée permet de contrôler la profondeur de champ réelle)

11. Objectif

12. Bouton de déverrouillage de l'objectif

13. Synchronisation flash

(synchronisation pour flash électronique jusqu'à 1/125 de seconde et synchronisation pour lampes éclair)

14. Axe de rembobinage

15. Bouton de contrôle des piles

(une pression sur le bouton libère l'aiguille visible dans le viseur pour le contrôle de la capacité des piles)

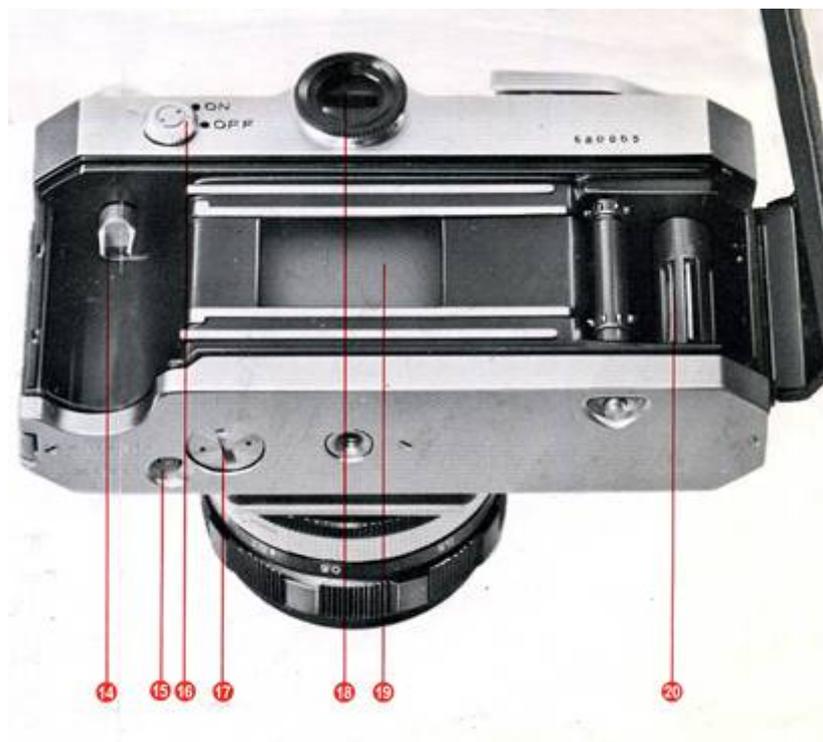
16. Interrupteur pour le posemètre Cds

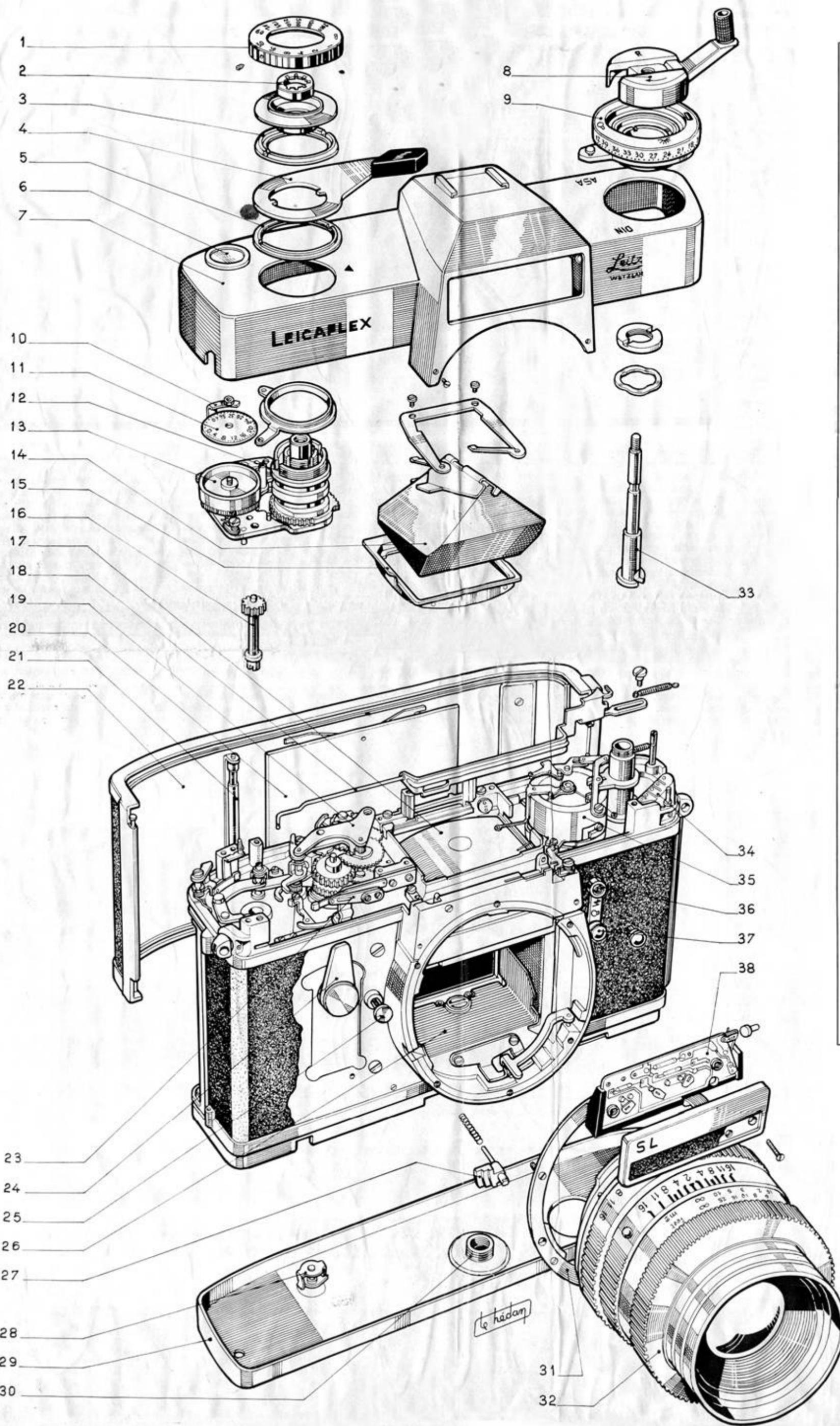
17. Logement pour piles au mercure

18. Ouilleton du viseur

19. Obturbateur (à rideaux métalliques)

20. Bobine d'enroulement du film





1. Bouton vitesse.
2. Guide poussoir de déclenchement.
3. Ecrou du levier d'armement.
4. Levier d'armement.
5. Bague de fixation du capot supérieur.
6. Fenêtre du compteur images.
7. Capot supérieur.
8. Bouton de réembobinage.
9. Bague de réglage et sensibilité.
10. Repère du compteur.
11. Cadran de compteur.
12. Bloc pignon d'armement.
13. Barillet compteur.
14. Penta-prisme.
15. Support du prisme.
16. Pignon d'entraînement de bobine réceptrice.
17. Lentille de champ.
18. Coulisseau de couplage DIN-ASA-vitesse.
19. Bloc minuterie pour vitesse lente.
20. Presse film.
21. Rouleau guide film.
22. Dos ouvrant.
23. Contact de flash.
24. Levier du retardateur.
25. Bouton de commande manuelle de diaphragme.
26. Bloc obturateur.
27. Bouton de verrouillage de l'objectif.
28. Bouton de débrayage pour réembobinage.
29. Couvercle inférieur.
30. Ecrou de pied.
31. Bague de fixation des objectifs.
32. Objectif interchangeable.
33. Axe de réembobinage.
34. Barrette de connexion de cellule.
35. Galvanomètre.
36. Prise de flash électronique.
37. Prise de flash magnésique.
38. Circuit imprimé de cellule.

L'objectif photographique

I. Éléments théoriques

Un objectif photographique est, composé de lentilles serties dans une monture d'acier et d'un diaphragme inclus dans la monture, généralement entre deux groupes de lentilles au centre de l'objectif.

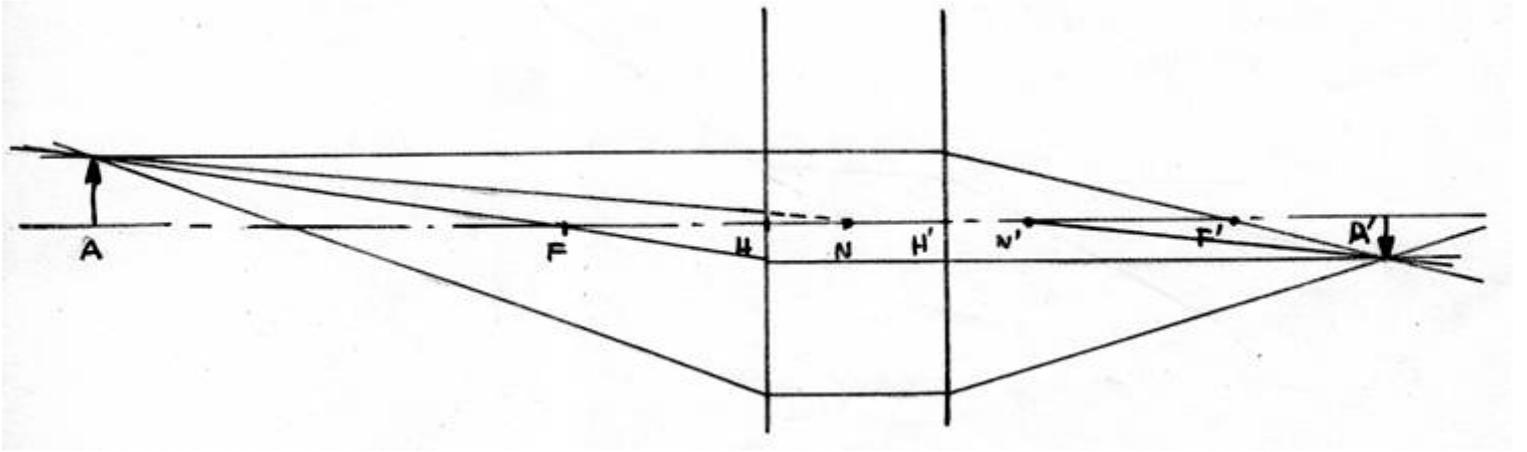
L'objectif photographique doit donner d'un objet éloigné une image réelle aussi grande, aussi lumineuse, aussi fidèle et aussi nette que possible.

C'est en général un système optique centré, puisque constitué de dioptries de révolution autour d'un axe dit axe optique (sauf objectifs à décentrement) et dioptrique puisque tous les dioptries travaillent par réfraction (sauf téléobjectifs à miroirs).

A. Focale

La formule fondamentale de l'objectif photographique est la formule de Newton :

$$D \cdot D' = f^2$$



- D est la distance de l'objet A au foyer objet F
- D' est la distance de l'image A' au foyer image F'
- f est la distance focale de l'objectif

Cette relation permet de calculer le tirage d'un objectif :

Soit un objectif de 50 mm dont la mise au point limite est de 0,60 mètres.

$$D' \text{ est alors égal a : } 50^2 / 600 = 4,166 \text{ mm}$$

L'image se forme donc à 4,166 mm du plan focal image, et il faut rattraper ce décalage au moyen d'un déplacement de l'objectif de cette distance.

B. Champ

La seconde formule importante de l'objectif photographique est celle qui donne la grandeur B d'une image d'un objet couvrant un champ C en radians :

$$G = 2 \cdot f \cdot \text{tg} (C / 2)$$

Le champ maximal d'un objectif est celui qui donne une image dont la grandeur G est égale au diamètre de la lucarne de sortie.

Pour un appareil 24x36 mm cette diagonale vaut :

$$\sqrt{24^2 + 36^2} = 43 \text{ mm}$$

Elle correspond à la focale normale de l'objectif idéal qui devrait être utilisé pour que la perspective soit exactement rendue.

Les objectifs de plus grande distance focale sont dits téléobjectifs. Ceux de plus courte distance focale sont dits grands-angulaires.



Longueur focale et ouverture maximum	Ouverture minimum	Nombre de lentilles	Diaphragme	Distance minimum de mise au point	Angle de champ	Poids	Ø du filtre	Ø du parasoleil
				m	degrés			
18mm f/11	32	4	M	—	180 [Ⓞ]	97	PL	PL
28mm f/3.5	16	7	EA	0.4	75	260	58	60 [Ⓞ]
35mm f/3.5	16	5	EA	0.45	63	152	49	49
35mm f/2	16	8	EA	0.45	63	398	70 [Ⓞ]	70 [Ⓞ]
50mm f/1.4 [Ⓞ]	16	7	EA	0.45	46	245	49	49
50mm f/4	22	4	PS	—	46	265	49	49
55mm f/2 [Ⓞ]	16	6	EA	0.45	43	215	49	49
55mm f/1.8 [Ⓞ]	16	6	EA	0.45	43	215	49	49
85mm f/3.5	22	4	PS	—	28	126	49 [Ⓞ]	PL
85mm f/1.9	16	5	EA	0.85	28	350	58	58*
100mm f/4	22	5	PS	—	24	139	49	49*
105mm f/2.8	22	5	PS	1.2	23	250	49	49*
105mm f/2.8	22	5	EA	1.2	23	290	49	49*
135mm f/3.5	22	5	EA	1.5	18	343	49	49*
150mm f/4	22	5	EA	1.8	16.5	324	49	49*
70-150mm f/4.5	22	14	EA	3.5	16-35	1209	67	67*
200mm f/5.6	22	5	PS	2.5	12	370	49	49*
200mm f/3.5	22	4	PS	2.5	12	900	67	67*
200mm f/4	22	5	EA	2.5	12.5	550	58	58*
300mm f/6.3	22	5	PS	5.5	8	729	58	58*
300mm f/4	22	4	M	5.5	8	1575	82	82*
400mm f/5.6	22	5	M	8.0	6	1300	77	*
500mm f/4.5	22	4	M	10.0	5	3500	49	*
1000mm f/8 [Ⓞ]	22	5	M	30.0	2.5	5500	49	*

**Relation entre
DISTANCE FOCALE
et
ANGLE de CHAMP**

Les appareils 24 x 36 mm classiques sont équipés le plus souvent d'un objectif de 50 mm de focale ce qui correspond à un champ maximum tel que :

$$\text{tg} (C / 2) = 0,43$$

$$C = 46^{\circ} 30'$$

La gamme des focales disponibles sur le marché variant de 7,5 mm à 1 000 mm, les champs varient donc de 141° 30' à 4° 56'.

C. Ouverture relative

Une autre caractéristique de l'objectif est la luminosité ou plus exactement la quantité de lumière par unité de surface de l'image qu'il laisse passer.

Au centre du champ la luminosité est proportionnelle au carré du diamètre de la pupille d'entrée, donc au carré du diamètre du diaphragme d'ouverture.

D'autre part, si nous prenons deux objectifs photographiques de même ouverture utile mais de focale double, la luminosité sera dans le rapport de la surface de l'image obtenue donc proportionnelle au carré de la distance focale.

On définit donc l'ouverture relative n d'un objectif par :

$$n = f / d$$

f : focale de l'objectif

d : diamètre du diaphragme

Les ouvertures relatives en progression géométrique de raison :

$$\sqrt{2}$$

correspondent donc à des luminosités en progression géométrique de raison 2.

Signalons en outre que la luminosité varie théoriquement avec le tirage de l'objectif, mais que pour les petits formats cette variation est négligeable.

Il faut d'autre part savoir qu'à mesure que l'on s'éloigne du centre du champ la luminosité diminue pour deux raisons :

1) À pleine ouverture il existe un champ de contour.

2) L'éclairement diminue à mesure que l'on s'écarte du champ pour des raisons d'ordre photométrique.

Rappelons en effet que :

$$dE = I \times ((ds \cdot \cos^{\circ} a \times ds' \cdot \cos a') / l^2)$$

dE : éclairement élémentaire fourni par un élément ds de source à un élément ds' du récepteur.

I : intensité de la source.

l : distance des deux éléments de surface.

a et a' : angles des normales aux éléments ds et ds' avec la droite AA' .

Si d est la distance de la pupille de sortie à la plaque photographique, on a :

- pour un élément du centre du champ :

$$d = l \quad a = a' = 0$$

$$E_0 = K / d^2$$

- pour un élément faisant un angle b avec l'axe optique :

$$(d / \cos b) = l \quad a = a' = b$$

$$E = K \cdot (\cos^4 b / d^2) = E_0 \cdot \cos^4 b$$

Pour un champ normal de 46° , au bord du champ :

$$\cos b = 0,92 \quad \text{d'où } \underline{E = 0,72 E_0}$$

Par contre pour un grand angulaire de 90° de champ (focale 21 mm) on arrive à :

$$\underline{E = 0,25 E_0}$$

D. Clarté efficace

Un objectif ne transmet pas dans son intégralité le flux de lumière incidente. Quel que soit la construction des objectifs il y a des pertes de lumière plus ou moins importantes qui ont lieu :

- par absorption du verre.
- par le collage des lentilles.
- par les dioptries air-verre.

1) La transparence des verres d'optique n'est jamais absolue, mais le coefficient d'absorption n'est que de 1/100 pour 1 centimètre d'épaisseur du verre.

2) Si le baume ayant servi au collage des verres n'a pas jauni, l'absorption ne dépasse pas non plus 1/100 par surface collée.

3) Par contre, les dioptries air-verre ont une importance plus grande car une partie de la lumière incidente est réfléchi.

La perte de lumière est de 4 à 5% par dioptrie. Ce pourcentage augmente avec l'indice de réfraction des verres.

De ce fait, les meilleurs objectifs, qui comportent jusqu'à 7 lentilles ont un pourcentage de pertes de lumière qui peut atteindre 50%.

E. Netteté

La netteté d'une image photographique est une notion relative qui dépend de plusieurs facteurs interdisant la formation d'une image ponctuelle d'un objet ponctuel :

- le pouvoir séparateur de l'objectif
- le grain de l'émulsion
- la profondeur de foyer
- la profondeur de champ.

La netteté est très difficile à définir car elle dépend essentiellement de la façon dont une photo est regardée et de la personne qui l'examine.

Supposons que dans le plan π' l'image d'un point soit une petite tache de diamètre s' . Cette image est d'autant plus nette que s' est plus petit. La tolérance de netteté s'_m ou la netteté linéaire d'_m est la limite supérieure de s' .

Calcul de la tolérance de netteté d'une image 24x36

Pour simplifier les calculs nous supposons que le négatif 24x36 mm est destiné à être agrandi au format 30x40 cm et observé à 30 cm.

Soit s'_m la tolérance de netteté

Une tache de surface s'_m sur le négatif a une surface :

$$S'_m = s'_m \times ((30 \times 40) / (2,4 \times 3,6)) = s'_m \times 140$$

La tolérance angulaire de l'oeil étant de $1 / 1500$ radian :

Nous avons :

$$S'_m \times 140 = (300 / 1500)^2 \times (\pi / 4)$$

$s'_m = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^2$

Soit un diamètre d'_m du cercle de diffusion maximum de :

$$d'_m = 1,66 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^2$$

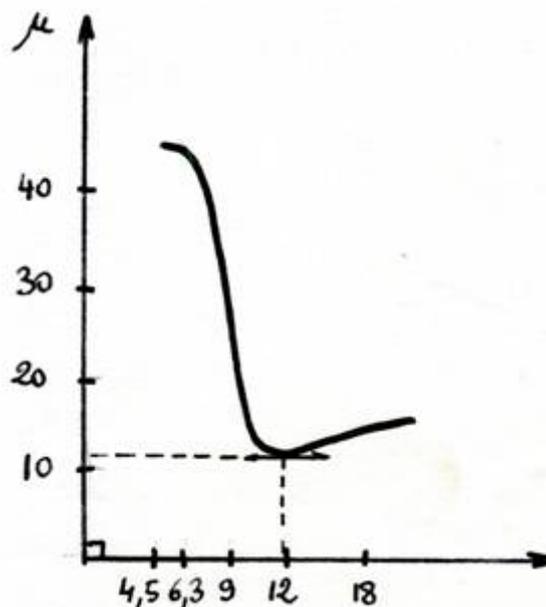
1. Pouvoir séparateur de l'objectif

On appelle pouvoir séparateur angulaire de l'objectif l'angle sous lequel un observateur ayant placé son oeil exactement au point nodal d'incidence voit les deux points lumineux les plus rapprochés dont l'objectif peut donner des images distinctes.

Le pouvoir séparateur linéaire est la distance qui sépare sur la surface sensible les images de ces deux points, tous les autres facteurs de non netteté étant supposés inexistant.

Le pouvoir séparateur varie avec la focale, la combinaison optique de l'objectif, la partie du champ où se forme l'image, la valeur du diaphragme employé et la distance de l'objet.

Il diminue quand la focale augmente, quand on s'écarte de l'axe optique et est minimum sur l'axe optique pour une valeur de l'ouverture du diaphragme dite diaphragme critique.



Diamètre du cercle de diffusion
suitant le diaphragme

La question du pouvoir séparateur est extrêmement complexe étant donné les nombreux facteurs qui l'influencent.

Il faut d'autre part tenir compte de la diffraction qui permet de calculer théoriquement le pouvoir séparateur d'un objectif supposé parfait.

D'un point géométrique A, il se forme par diffraction des anneaux formés d'une tache centrale (disque d'Airy) dont le centre est l'image géométrique A', entourée d'anneaux dont l'influence est négligeable en première approximation.

Le critère de Lord Rayleigh fixe conventionnellement la limite de résolution en disant que :

« Deux images d'Airy sont séparées (donc discernables) lorsque la distance <'B' de leurs centres est supérieure à leur rayon commun y' »."

Le calcul des anneaux de diffraction par une ouverture circulaire conduit à la résolution d'une fonction de Bessel.

Le rayon de l'image d'Airy est :

$$r = 1,22 \times (\lambda / d) \times f$$

$$\text{soit : } r = 1,22 \times \lambda \times n$$

Pour la longueur d'onde $\lambda = 0,45 \mu$ correspondant au bleu et une ouverture relative de 16 par exemple :

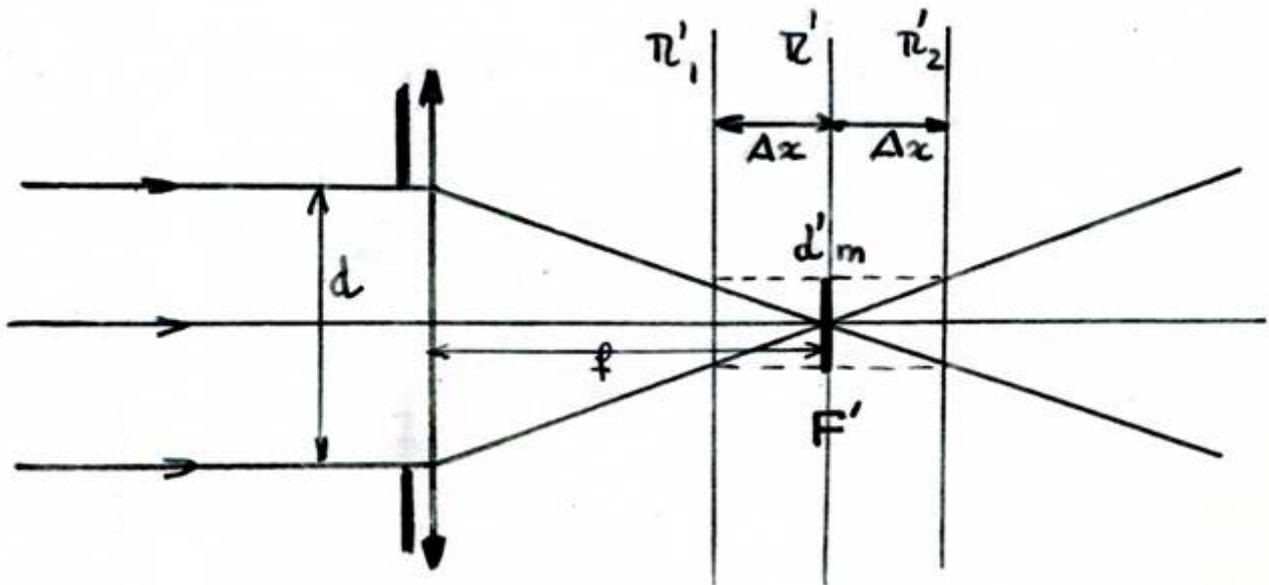
$$r = 9 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$$

Le pouvoir séparateur de l'objectif est donc de 9/1 000 de mm, au point de vue diffraction.

Ceci dit, le pouvoir séparateur des appareils photographiques modernes reste généralement inférieur au diamètre des grains des émulsions photographiques, donc la netteté est plus limitée par les émulsions que par la qualité de l'objectif.

2. Profondeur de foyer

La profondeur de foyer d'un objectif est la distance des positions extrêmes de la plaque sensible entre lesquelles l'image d'un objet éloigné présente une netteté suffisante (inférieure à la tolérance de netteté).



On considère les plans Π'_1 et Π'_2 de part et d'autre du plan Π' de formation de l'image qui intercepte le faisceau utile suivant une surface s'_m de diamètre d'_m .

$$\Delta x / f = d'_m / d$$

Soit P_f la profondeur de foyer :

$$P_f = 2 \cdot \Delta x = 2 \cdot d'_m \times n$$

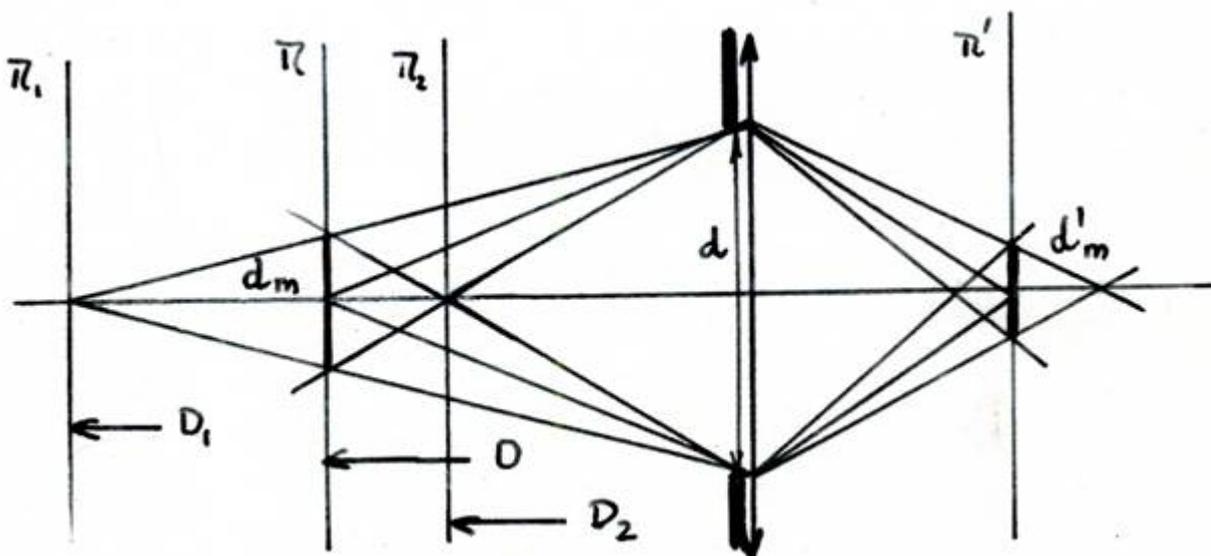
n : ouverture relative du diaphragme.

Pour un objectif de 50 mm, d'ouverture relative minimum 2 (ouverture maximum du diaphragme), la profondeur de foyer est égale à :

$$P_f = 2 \times 1,66 \cdot 10^{-2} \times 2 = 6,7 \cdot 10^{-2} \text{ mm.}$$

3. Profondeur de champ

La profondeur de champ d'un objectif est la distance des positions extrêmes de l'objet entre lesquelles l'image présente une netteté suffisante (inférieure à la tolérance de netteté).



Soit le plan π dans l'espace objet et son conjugué π' . On considère les plans π_1 et π_2 de part et d'autre du plan π pour lesquels un faisceau issu de ces plans intercepte le plan π' suivant une surface égale à la tolérance de netteté.

Soit s_m le conjugué de s'_m dans π :

$$d_m / d = (D_1 - D) / D = (D - D_2) / D_2$$

Si χ est le grandissement pour le couple de plans π et π' :

$$d_m = d'_m / \chi$$

et :

$$\chi = f / (d - f)$$

et en faisant :

$$d = f / n$$

$$(n \times d'_m \times (D - f)) / f^2 = (D_1 - D) / D_1 = (D - D_2) / D_2$$

$$D_1 = (D \times f^2) / (f^2 - (n \times d'_m) \times (D - F))$$

$$D_2 = (D \times f^2) / (f^2 + (n \times d'_m) \times (D - F))$$

Ces formules permettent de calculer des tables de profondeurs de champ d'une utilité primordiale pour la prise de vue.

En faisant l'approximation suivante, valable pour les faibles distances :

$$D_1 - D_2 \approx 2 \cdot D$$

$$D - f \approx D$$

nous obtenons, cette formule originale :

$$(2 \times D^2 \times n \times d'_m) / f^2 \approx D_1 - D_2$$

Avec par exemple :

$$n = 5,6$$

$$f = 50 \text{ mm}$$

$$d'_m = ,66 \cdot 10^{-2} \text{ mm} = 1,66 \cdot 10^{-2} \text{ mm}$$

on obtient :

$$D = 3 \text{ m} \quad D_1 - D_2 = 67 \text{ cm}$$

$$D = 10 \text{ m} \quad D_1 - D_2 = 7,2 \text{ m}$$

Pratiquement ces chiffres sont minorés. Il faudrait en fait prendre pour d'_m la valeur du diamètre des grains de l'émulsion.

Nous constatons que :

- La profondeur de champ ne se répartit pas par moitié de part et d'autre de π . **Le champ de netteté est plus grand derrière que devant.**
- **La profondeur de champ augmente avec l'ouverture relative, (donc la fermeture du diaphragme) et la distance de l'objet.**
- **La profondeur de champ diminue avec une augmentation de la focale.**

Les calculs précédents permettent de définir la **distance hyperfocale** H , qui est la plus courte distance pour laquelle on obtient une image nette lorsque la plaque photographique est placée dans le plan focal image.

C'est donc la valeur de D_2 lorsque l'on fait $D = \infty$

Or :

$$1 / D_2 = 1 / D + (n \cdot d'_m) / f^2 - (n \cdot d'_m) / (D \cdot f)$$

d'où :

$$H = f^2 / (n \cdot d'_m)$$

C'est donc la valeur de D_2 lorsque l'on fait $D = \infty$

Or :

$$1 / D_2 = 1 / D + (n \cdot d'_m) / f^2 - (n \cdot d'_m) / (D \cdot f)$$

d'où :

$$H = f^2 / (n \cdot d'_m)$$

La distance hyperfocale est donc, pour un objectif de 50 mm, ouvert à 5,6, de 28 mètres.

Les formules deviennent :

$$D_1 = (H \cdot D) / (H - D)$$

$$D_2 = (H \cdot D) / (H + D)$$

Si l'on fait donc :

$$D = H$$

On obtient :

$$D_1 = \infty$$

$$D_2 = H / 2$$

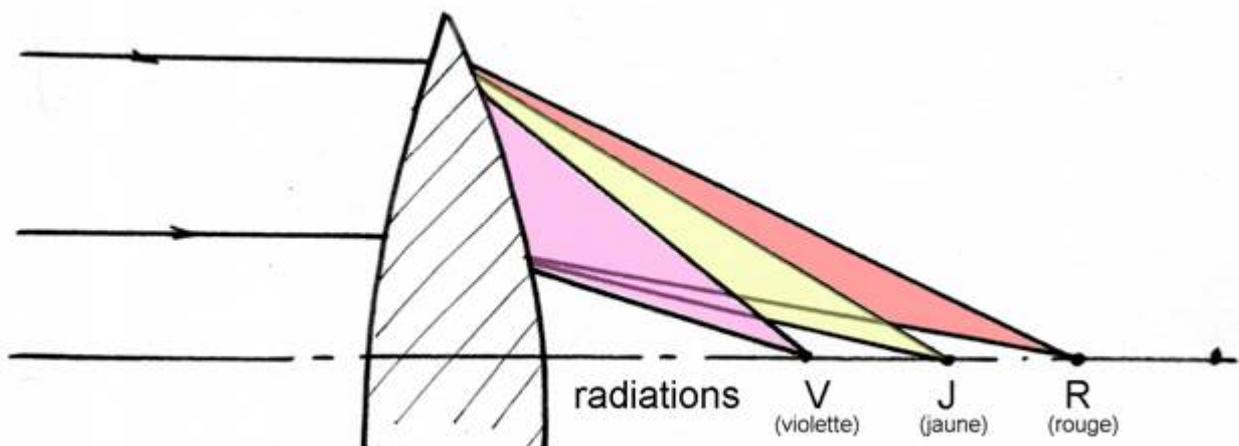
On obtient ainsi la profondeur de champ maximum.

Les appareils bon marché, qui n'ont aucun réglage, sont justement préréglés sur cette distance hyperfocale pour permettre d'avoir une image à peu près nette dès que la lumière est normale et que le sujet principal est situé entre 3 m (environ) et l'infini. Ils ne permettent donc pas de faire des gros plans.

F. Aberrations

On distingue les aberrations chromatiques et les aberrations géométriques.

Les aberrations chromatiques, dues aux variations de l'indice des matériaux réfringents avec la longueur d'onde, apparaissent déjà dans le domaine paraxial, c'est à dire lorsqu'on considère des rayons cheminant à une distance importante de l'axe, ou faisant avec cet axe un angle important ; elles se manifestent par une dissociation des images correspondant aux diverses couleurs ; ces images ne se forment pas dans le même plan (chromatisme axial) et n'ont pas la même grandeur (chromatisme de grandeur) : on parvient à les réduire notablement par une compensation convenable de la dispersion des divers éléments optiques.



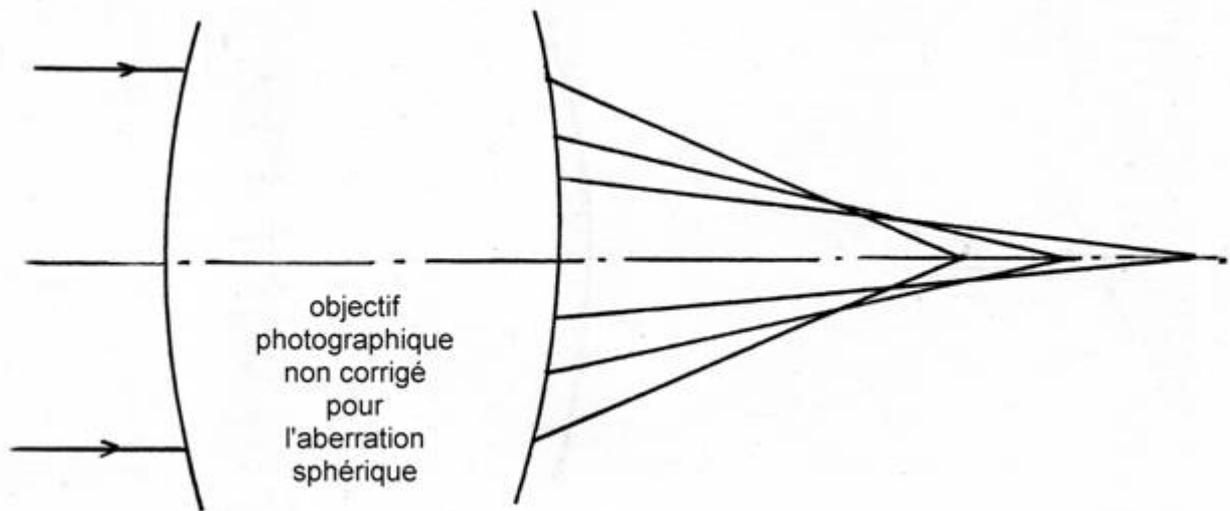
Les aberrations chromatiques se corrigent en associant lentilles divergentes et convergentes d'indice différent.

Les aberrations géométriques sont les plus complexes ; elles se manifestent lorsqu'on quitte le domaine paraxial.

On distingue quatre types d'aberrations dans un objectif photographique qui sont du troisième ordre :

○ Aberration sphérique

Pour des rayons parallèles à l'axe optique, une lentille mince convergente est plus convergente pour les rayons marginaux que pour les rayons centraux, et inversement pour une lentille divergente.

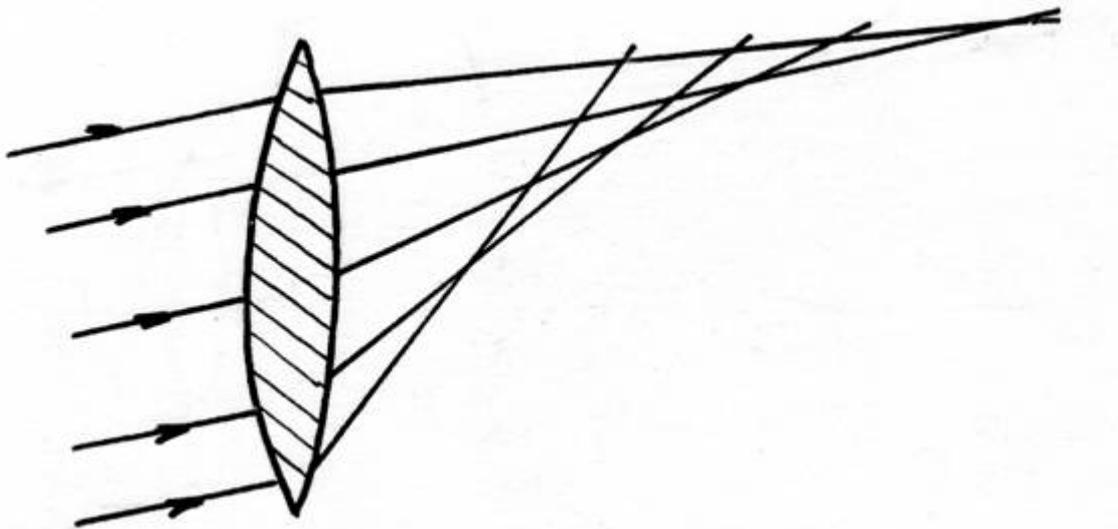


L'aberration sphérique se corrige par association de lentilles convergentes et divergentes.

Un objectif corrigé de l'aberration sphérique est dit aplanétique.

- Le coma

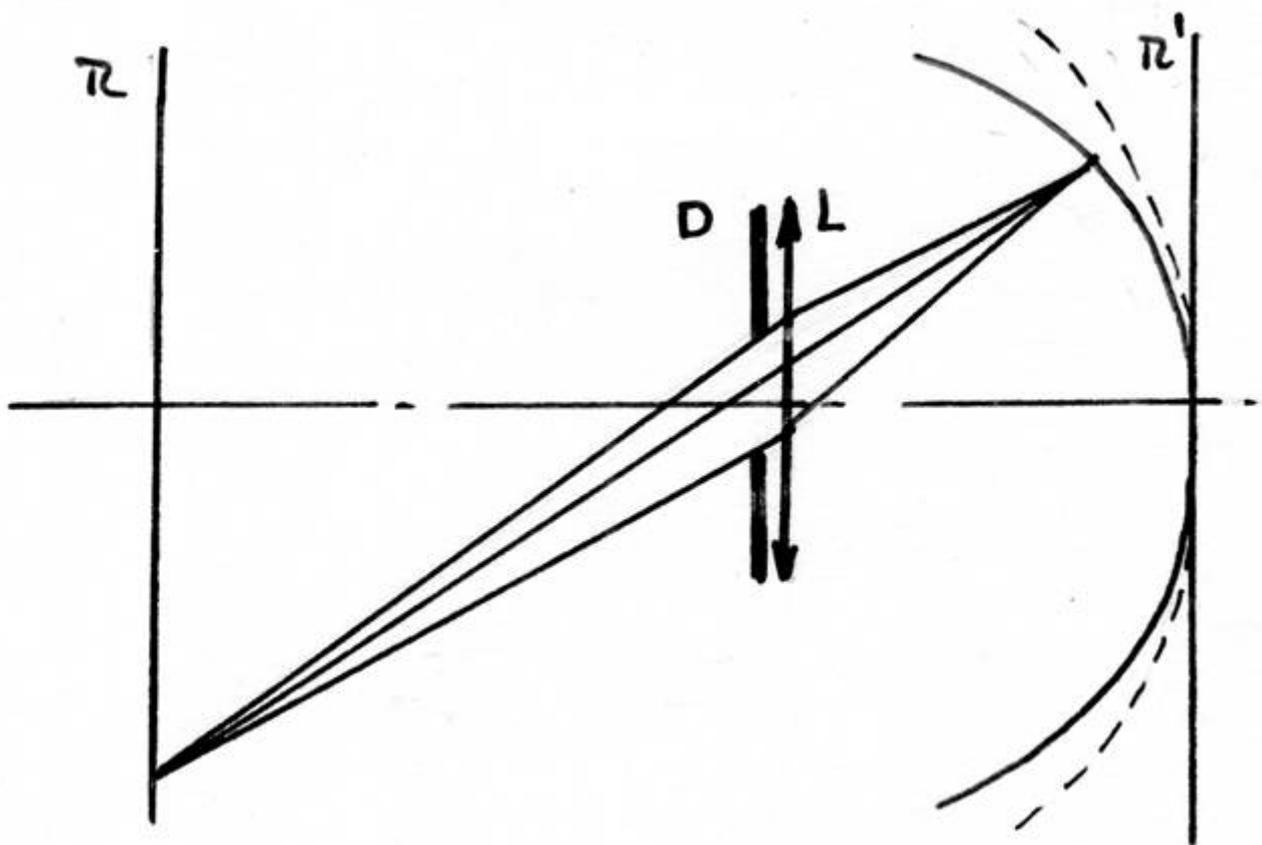
Le coma peut être assimilé à l'aberration sphérique des faisceaux obliques.



Cette aberration se traduit par une tache en forme de queue de comète d'où son nom.

Comme l'aberration sphérique le coma se corrige par association de lentilles.

○ L'astigmatisme et la courbure de champ



L'astigmatisme et la courbure de champ sont une aberration se produisant dans les conditions de Gauss (rayon près de l'axe optique donc diaphragme fermé) due aux objets éloignés de l'axe optique.

Le lieu des cercles de moindre diffusion, est une surface gauche.

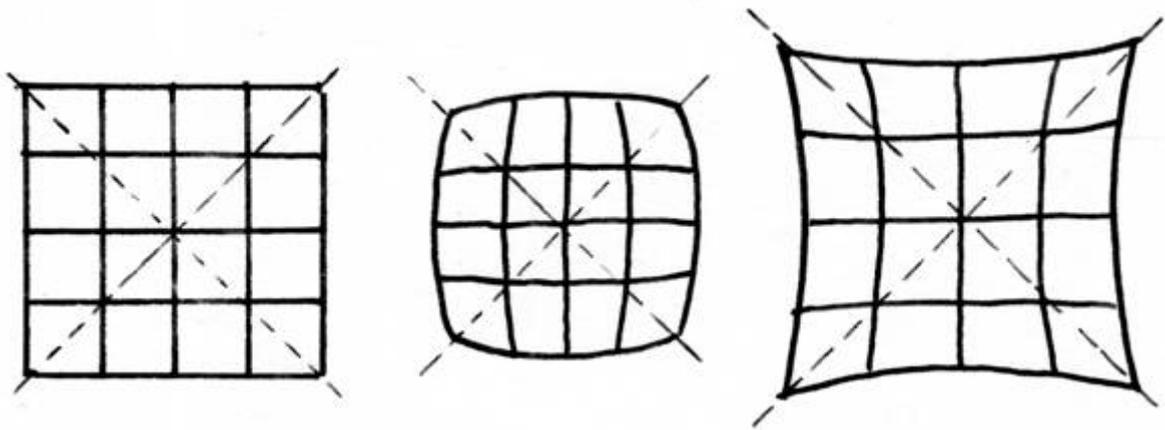
La distance d'astigmatisme croît lorsque l'objet s'éloigne de l'axe.

L'astigmatisme s'accompagne toujours d'un phénomène de coma.

Cette aberration a été longtemps difficile à corriger. La correction ne peut se faire qu'en employant au moins trois lentilles indépendantes.

○ La distorsion

La distorsion est une aberration qui a rapport non à la netteté mais à la forme des lignes. Cette aberration dépend de la position du diaphragme du système :



La correction de la distorsion s'obtient par association de groupes de lentilles dont les effets de la déformation sont en sens inverse.

Les objectifs symétriques sont donc corrigés, mais la correction peut être suffisante avec des objectifs non symétriques. Un objectif corrigé pour la distorsion est dit orthoscopique.

-0-0-0-0-0-0-

Ces divers termes d'aberrations sont rigoureusement irréductibles les uns aux autres.

Néanmoins ils se superposent en donnant naissance à une tache plus ou moins complexe qui évolue en fonction de la longueur d'onde.

Les calculs des objectifs doivent mettre en équation les corrections de ces aberrations et on comprendra que le calcul d'un objectif par approximations successives, avant d'avoir la possibilité de faire des simulations sur ordinateur, pouvait demander plusieurs années.

Ce n'est donc que récemment (*), avec les nouveaux calculateurs électroniques, que l'on a assisté à une multiplication considérable de la construction d'objectifs de plus en plus corrigés.

(*) étude réalisée en 1969

II. Technologie des objectifs

A. Verres d'optique

Les verres employés à la fabrication des objectifs sont d'espèces très variées. On distinguait précédemment deux types généraux de verres :

- le « **crown** » silicate double de potasse et de chaux,
- Le « **flint** » silicate double de potasse et de plomb

Aujourd'hui, l'adjonction de substances très diverses : baryte, acide borique, fluorures, oxydes métalliques divers, a permis d'obtenir de nombreuses catégories de verres, et la distinction entre les crown et les flint repose surtout sur le pouvoir dispersif qui est plus faible chez les premiers que chez les seconds.

D'autre part sont apparus après la guerre (1945) de nouveaux verres à base de terres rares : lanthane, tantale, thorium, wolfram, souvent appelés verres au lanthane.

La silice qui était restée jusqu'ici le principal composant des verres d'optique se trouve réduite à une très faible proportion (de 5 à 1 %) ; ces nouveaux verres permettent d'atteindre des indices de réfraction extrêmement élevés, jusqu'à 2, avec des pouvoirs dispersifs relativement faibles, ce qui donne aux calculateurs des possibilités de correction inconnues jusqu'ici.

Les verres d'optique sont d'une fabrication très délicate et très complexe. Devant être d'une parfaite homogénéité, ils ne peuvent être coulés et sont fondus, brassés dans le même creuset. Le brassage est d'une importance particulière ; il doit être poursuivi non seulement tout le temps de la fusion pour assurer le mélange des divers composants, mais aussi tant que la solidification n'est pas acquise. Un brassage insuffisant donne des fils analogues à une traînée de sirop dans l'eau ; les fils entraînent une modification dans l'indice de réfraction et suffisent à faire rejeter la partie du verre qui en contient. Les bulles sont causées par des dégagements de gaz au cours de la fusion ; elles ne peuvent être évitées complètement. Quelques bulles isolées sont sans inconvénient sur la qualité optique du verre ; par contre, des semis de petites bulles donnent une fâcheuse diffusion de la lumière.

Depuis quelques années, certaines maisons ont cherché à fabriquer des pièces d'optique en matière synthétique, dite parfois « verre organique ».

Les verres organiques ont de sérieux avantages : légers et incassables, ils permettent d'atteindre des indices de réfraction élevés et la transparence est très bonne, mais leur plus grand intérêt est la possibilité de confectionner des pièces d'optique par moulage en grande série et à bas prix, procédé particulièrement intéressant pour les petites courbures. Le moulage supprime le travail long et délicat du façonnage et du polissage du verre et permet d'obtenir toutes surfaces autres que sphériques, très avantageuses du point de vue correction optique, mais dont la fabrication par les procédés classiques est impossible.

Toutefois, ces matières synthétiques ne sont pas sans inconvénients. Le moulage sous pression entraîne des défauts d'homogénéité et les coefficients de dilatation restent pour le moment trop élevés.

A l'heure actuelle, on a pu seulement en faire des objectifs à faible ouverture pour appareils de vulgarisation et certains accessoires pour viseurs.

B. Fabrication des lentilles

Les portions de verre reconnues satisfaisantes sont découpées à la scie en carrés de dimensions appropriées à la grandeur des pièces à obtenir.

La fabrication des lentilles se fait par usure, en appliquant le verre sur des surfaces convexes ou concaves de rayon approprié, dites respectivement « balles » ou « bassins » auxquelles on imprime un mouvement rapide. Les surfaces sont enduites d'abrasifs de plus en plus fins : poudre de grès, tripolin, potée d'étain, résines, jusqu'à obtenir le polissage parfait.

Au cours de la fabrication, les surfaces optiques sont contrôlées de façon continue, en les appliquant sur des surfaces types, les défauts de coïncidence étant décelés par la naissance de franges d'interférences.

Les lentilles sont ensuite réduites par meulage au dia mètre voulu et le plus souvent serties dans des montures métalliques.

Les différents éléments de l'objectif, lentilles ou groupes de lentilles, sont rassemblés dans une monture en assurant d'une façon rigoureuse la coïncidence des axes optiques.

-0-0-0-0-0-0-

La qualité d'un objectif dépend :

- De sa combinaison optique, qui est du ressort du calculateur ;
- Des matières premières employées. Les indices de réfraction et pouvoirs dispersifs des verres choisis par le calculateur ne peuvent varier que dans des limites très étroites. Ainsi les indices de réfraction sont déterminés à la cinquième décimale. De légères variations ne peuvent être évitées en fabrication industrielle des verres ; elles ne sont admissibles que dans de faibles limites ; il est toujours fâcheux de les compenser par modification des autres éléments de l'objectif : épaisseurs, écartements, rayons de courbure ;
- Du soin apporté à la fabrication à tous les stades et de la rigueur avec laquelle le fabricant élimine les pièces qui ne donnent pas satisfaction.

On voit que la fabrication des objectifs est essentiellement un travail de précision ; il ne faut donc pas s'étonner si un bon objectif photographique est toujours d'un prix assez élevé.

C. Traitement des objectifs

Pour supprimer ou atténuer l'inconvénient des réflexions dans les objectifs modernes, qui entraînent de la lumière et des images parasites, on dispose des couches anti-reflets à la surface des lentilles.

On a recourt au phénomène d'interférence entre le rayon réfléchi R par la surface de la couche et le rayon R' réfléchi par la surface du verre.

La théorie électromagnétique de la lumière permet d'établir que, lorsqu'un rayon lumineux arrive sous une incidence quasi normale sur la surface de séparation de deux milieux 1 et 2, transparents, homogènes et isotropes, d'indice n_1 et n_2 , le rapport des amplitudes des vibrations réfléchie et incidente a pour expression :

$$\rho : (n_1 - n_2) / (n_1 + n_2)$$

Un traitement antiréfléchissant consiste à déposer sur le verre une mince couche dont l'épaisseur e et l'indice n' sont tels que les deux premiers rayons (donc les plus intenses) réfléchis par la couche soient en état d'interférence destructive.

Il faut donc:

- que les deux réfléchis aient même amplitude.

Si n est l'indice du verre composant la lentille, cette condition se traduira par :

$$(n' - 1) / (n' + 1) = (n - n') / (n + n')$$

d'où :

$$n' = \sqrt{n}$$

- que la différence de marche entre les deux rayons soit égale à un nombre impair de demi-longueurs d'onde, puisqu'il n'y a pas de différence de marche supplémentaire due aux réflexions du fait que n' est compris entre 1 et n .

Nous avons donc :

$$2 \cdot n' \cdot e = (2 \cdot k + 1) (\lambda / 2)$$

La couche la plus mince sera obtenue pour $k = 0$ et sera donc égale à :

$$e = (\lambda / (4 \cdot n'))$$

La lumière incidente n'étant pas monochromatique, la couche anti-réflexion n'agit donc parfaitement que pour une longueur d'onde déterminée. Généralement les surfaces sont traitées pour le vert.

Soit par exemple un verre d'indice 1,6 traité pour la longueur d'onde $0,56 \mu$:

$$n' = 1,27 \mu$$

$$e = 0,11 \mu$$

Si l'on utilise des couches anti-reflets plus épaisses, la condition d'extinction des réfléchis est donnée par la formule d'interférence sur lame à face parallèle :

$$2 \cdot n' \cdot e = (2 \cdot k + 1) (\lambda / 2)$$

Différentes méthodes sont à priori possibles pour réaliser le dépôt d'une couche anti-réflexion :

- méthode par attaque du verre :

le verre est attaqué à l'acide, sur une profondeur déterminée. Ce procédé est aléatoire.

- méthode par étendage :

on dispose à la surface du verre une solution d'un silicate double que l'on transforme en silice par action de certaines substances.

Cette méthode, tout comme la précédente, n'est plus utilisée.

- méthode par sublimation dans le vide

Cette méthode est la seule qui soit utilisée à l'heure actuelle.

Les lentilles, soigneusement dépoussiérées et dégraissées sont placées à la partie supérieure d'une cloche de verre dans laquelle un vide très poussé est réalisé.

Dans la partie inférieure de la cloche, se trouve un dispositif de chauffage destiné à vaporiser la substance anti-reflets qui se dépose régulièrement à la surface des lentilles.

Les substances utilisées sont des fluorures de métal léger (lithium, calcium ou magnésium) ou de la cryolithe, fluorure double de sodium et d'aluminium Na_3AlF_6 dont l'indice ($n' = 1,3$) convient particulièrement.

Les verres traités, en plus de leur aptitude à dissiper les effets des réflexions parasites et à augmenter leur luminosité ont un pouvoir séparateur amélioré, du fait de l'augmentation du contraste, et sont efficacement protégés mécaniquement.

D. Les parties mécaniques

Un objectif comporte, en dehors de son système optique plusieurs parties mécaniques :

- le diaphragme (et son système de commande) ;
- le mécanisme de mise au point ;
- éventuellement l'obturateur de l'appareil, dans le cas des appareils à obturateur central (voir chapitre traitant des obturateurs).

1. Le Diaphragme

Le diaphragme des appareils photos modernes est placé au plus

près du plan nodal d'incidence, c'est à dire au cœur même de l'objectif qu'il sépare en deux parties.

Cette position est rendu nécessaire pour la correction de la distorsion, et pour que le diaphragme ne constitue pas une limitation au champ de l'objectif.

Il est constitué de lamelles métalliques qui se chevauchent et glissent les unes sur les autres (diaphragme iris).

Dans les appareils reflex dont la mise au point se fait à pleine ouverture, un dispositif à ressort règle le diaphragme au moment de la prise de vue à la valeur présélectionnée, au moyen d'une butée.

Pour ceux qui comportent une cellule photo-électrique incorporée, le diaphragme doit être couplé à cette cellule par un dispositif que nous étudierons plus loin.

2. Le dispositif de mise au point

Le montant de l'objectif photographique doit évidemment permettre de réaliser une mise au point, c'est-à-dire d'amener l'image sur la plaque photographique, quelle que soit la position de l'objet.

La mise au point peut se faire de deux façons très différentes :

- par modification du tirage ;

un pas de vis ou une bague fileté permet soit un déplacement hélicoïdal, soit une simple translation de l'ensemble du bloc optique de l'objectif.

Le pas de vis doit être tel, qu'un tour au maximum corresponde au tirage global de l'objectif.

Rappelons que pour une mise au point minimum de 60 cm, le tirage de l'objectif est de 4,166 mm. Sur certains objectifs (Macroquinaron de STEINHEIL) la mise au point limite est de 30 cm.

- par déplacement de la lentille frontale ;

dans certains types d'objectifs (anastigmats à trois lentilles

ou dissymétriques à quatre lentilles), si l'on augmente légèrement la valeur de la distance qui sépare la lentille convergente avant de l'élément médian, on raccourcit sensiblement la distance focale. L'objectif, dont le corps principal n'a pas changé de position par rapport à la surface sensible, se trouve à une distance de celle-ci supérieure à la nouvelle focale ; il est donc au point sur un objet moins éloigné que l'infini.

Rappelons en effet qu'un système composé de deux lentilles de distance focale respective^{°°}f1 et f2 écartées d'une distance e est assimilable à un système de distance focale f avec :

$$F = (f_1 \cdot f_2) / (f_1 + f_2 - e)$$

Si f1 et f2 sont les distances focales des deux premières lentilles de l'objectif écartées d'une distance e :

$$df = - (f_1 \cdot f_2 \cdot de) / (f_1 + f_2 - e)$$

Nous avons donc un véritable appareil à focale variable.

Pour une mise au point de 50 cm à l'infini, la focale devra varier de 45,4 mm à 50 mm par exemple.

-0-0-0-0-0-0-

D'autre part, sur la plupart des appareils, un dispositif mécanique permet d'afficher la profondeur de champ en fonction de la distance et du diaphragme choisis. Sur les VOIGTLANDER de haut de gamme par exemple, ce dispositif est constitué de deux curseurs mobiles se déplaçant en sens contraire au dessus de l'échelle des distances et dont l'écartement est assujetti au bouton de réglage des diaphragmes, ce qui constitue une véritable prouesse de mécanique.

III. Différents types d'objectifs

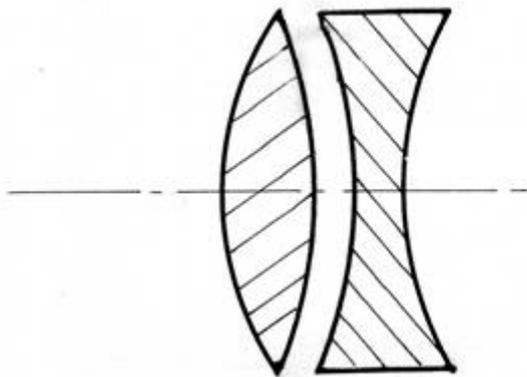
A. Objectifs de focale ordinaire et d'utilisation courante

Tous les objectifs que l'on trouve maintenant dans le commerce présentent des qualités optiques convenables, c'est à dire que les aberrations sont corrigées dans leur plus grande partie.

Pourtant leurs caractéristiques varient à l'infini, ce qui n'est pas étonnant si l'on songe que, pour un objectif anastigmat à quatre lentilles par exemple, le constructeur dispose de 17 variables : 7 courbures, 4 fontes de verre, 4 épaisseurs de lentilles et 2 intervalles d'air.

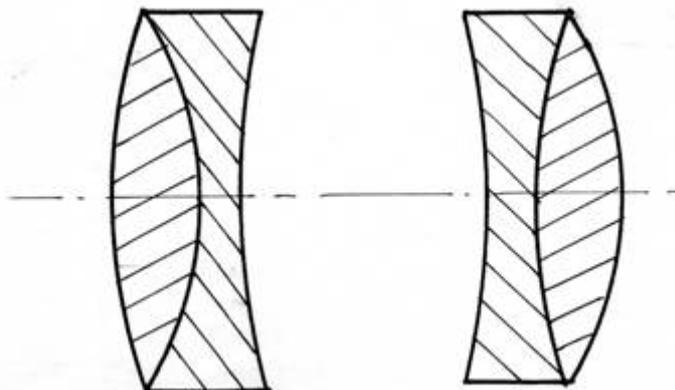
Il faut cependant faire un peu d'histoire simplifiée !

Le premier objectif un tant soit peu étudié (1830) fut un achromatique comprenant deux lentilles, l'une convergente et l'autre divergente en verres de nature et d'indice différents.



Achromat

STIEHHEIL utilisait deux achromatiques pour former un aplanétique. Les deux parties de l'objectif, symétriques par rapport au diaphragme étaient distantes du $1/5$ de la longueur focale.

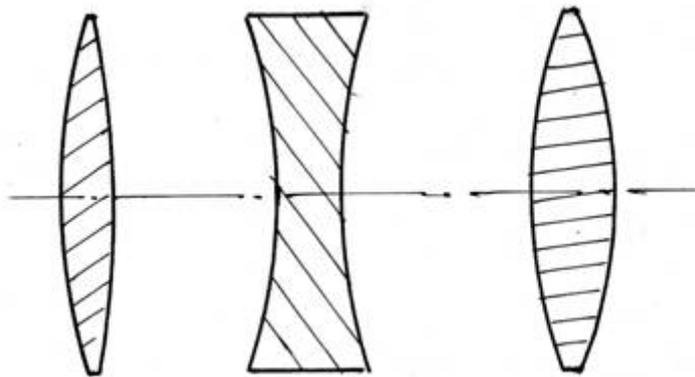


Aplanat

La construction des objectifs anastigmats apporta d'un seul coup la résolution d'un bon nombre de problèmes. Elle ne fut possible qu'après l'apparition des verres à haut indice, comme ceux au silicate de baryte dits « verres d' Iéna ».

Tous les objectifs actuels sont des anastigmats qui peuvent être symétriques ou dissymétriques, à lentilles collées ou non et qui ont un nombre de lentilles variant en général de 4 à 8.

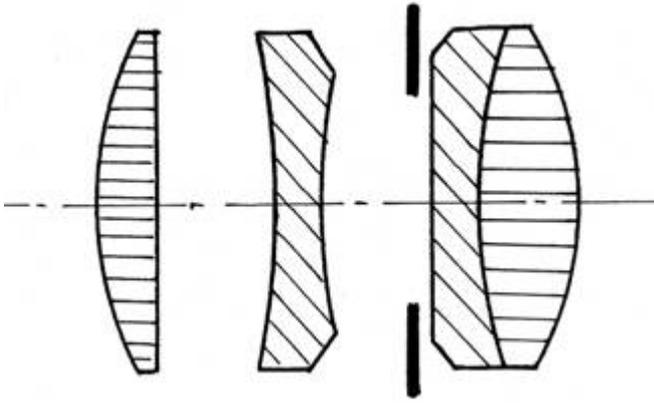
L'anastigmat le plus simple du à l'anglais Taylor se compose de trois lentilles indépendantes : deux lentilles convergentes encadrant une lentille divergente. Un bon nombre d'objectifs de ce type sont fabriqués par différentes marques.



Triplet de TAYLOR

De nombreux objectifs dérivent du triplet de TAYLOR : la lentille convergente arrière est alors remplacé par un système lentille convergente - lentille divergente collées. L'objectif de ce type le plus connu est le TESSAR de ZEISS : il a lui même fait l'objet de nombreuses variantes par dédoublement de lentilles et / ou modification des collages, mais l'on retrouve finalement toujours la forme initiale du triplet de TAYLOR.

Le TESSAR qui a une définition rarement égalée, a été recalculé et amélioré plusieurs fois depuis sa création.



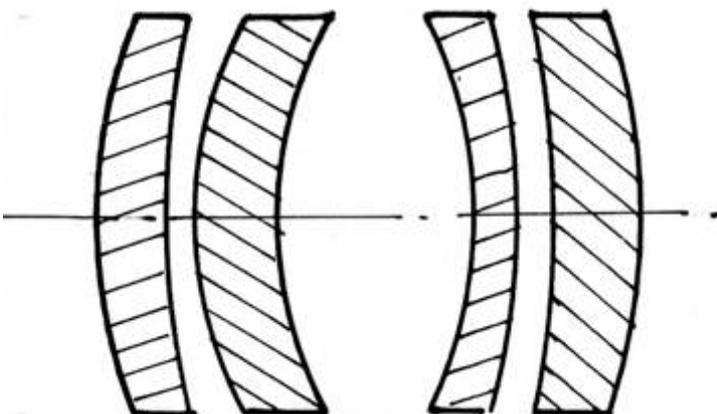
TESSAR de ZEISS

Ces types d'objectifs ne permettent néanmoins généralement pas d'obtenir des ouvertures relatives minimales extrêmes.

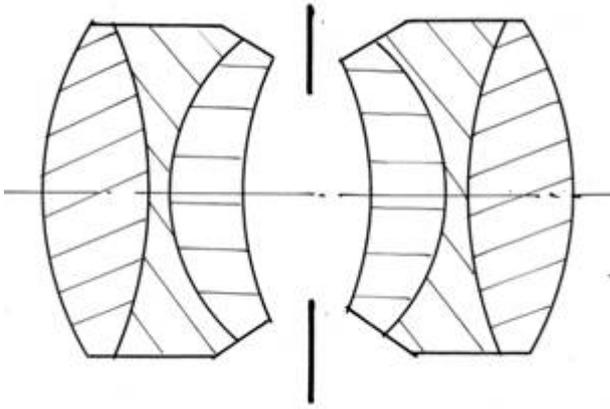
Les progrès du traitement des lentilles ont permis alors une multiplication du nombre des surfaces air verre et de construire ainsi des objectifs à haute luminosité et parfaitement corrigés. Des ouvertures relatives de diaphragme de 2 sont courantes à l'heure actuelle, et sous l'impulsion des Japonais on trouve même des objectifs qui ouvrent à 1,2 et 0,95 (CANON).

Evidemment, ces objectifs ne peuvent prétendre à grande ouverture à une définition et une correction excellente sur les bords et à une grande profondeur de champ. Mais ils permettent les photographies rapides de nuit ou d'intérieur, ce qui pour le reportage est un très grand progrès.

Ces objectifs ne sont plus que de très loin dérivés soit du triplet, soit de l'objectif de Gauss à 4 lentilles, soit encore des anastigmats symétriques à 6 et 8 lentilles. Tous les objectifs actuels sont des anastigmats qui peuvent être symétriques ou dissymétriques, à lentilles collées ou non et qui ont un nombre de lentilles variant en général de 4 à 8.

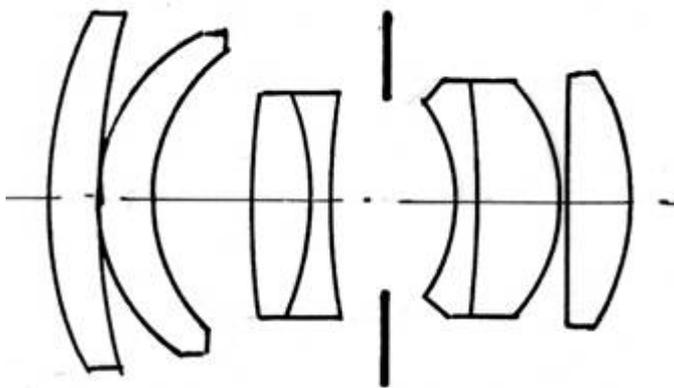


Anastigmat à 4 lentilles de Gauss

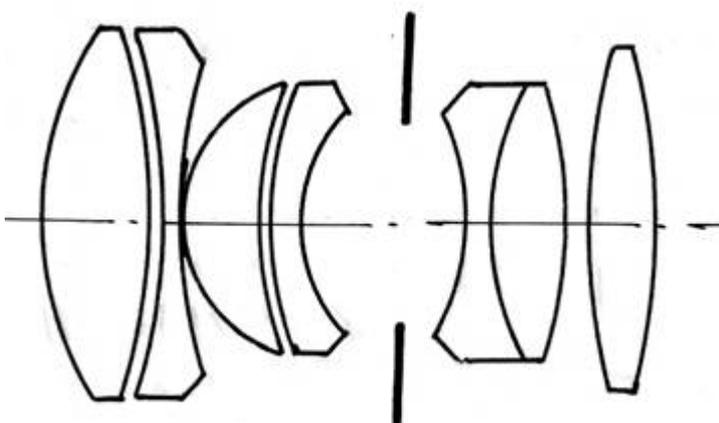


Anastigmat symétrique à 6 lentilles

Parmi les plus belles réalisations, il faut citer le SEPTON de VOIGTLANDER et le SUMMICRON de LEITZ : des pures merveilles !



SEPTON de VOIGTLANDER
7 lentilles
Ouverture $f : 2$



SUMMICRON de
LEITZ
7 lentilles
Ouverture $f : 2$

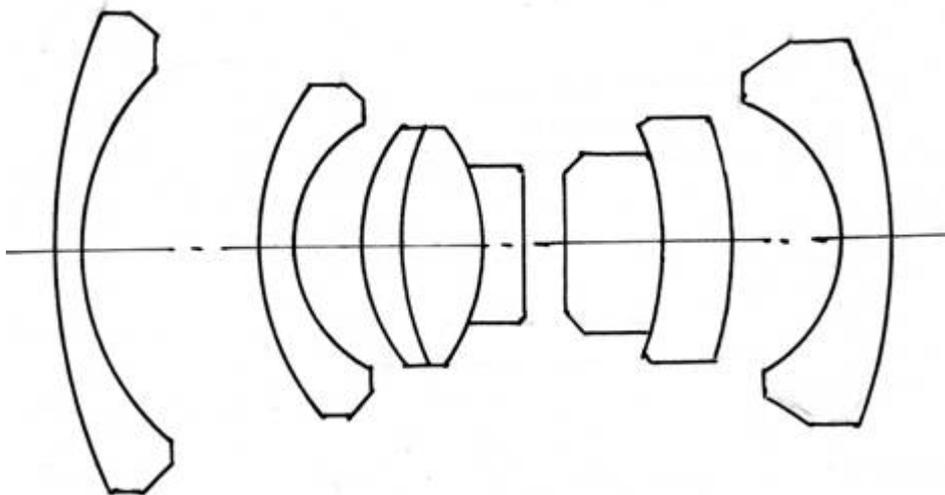
B. Les objectifs de courte focale

Les objectifs grands-angulaires peuvent évidemment et surtout être utilisés sur les appareils reflex. Il faut toutefois savoir que le miroir mobile à 45° du bloc de visée reflex doit être relevé manuellement pour les très courtes distances focales, pour lesquelles on doit utiliser un viseur complémentaire.

Les grands-angulaires dérivent naturellement pour la plupart des types normaux d'objectifs, mais pour atteindre une luminosité élevée avec une bonne qualité d'image au dessus d'un angle de champ de 65° il faut passer à une répartition particulière de lentilles.

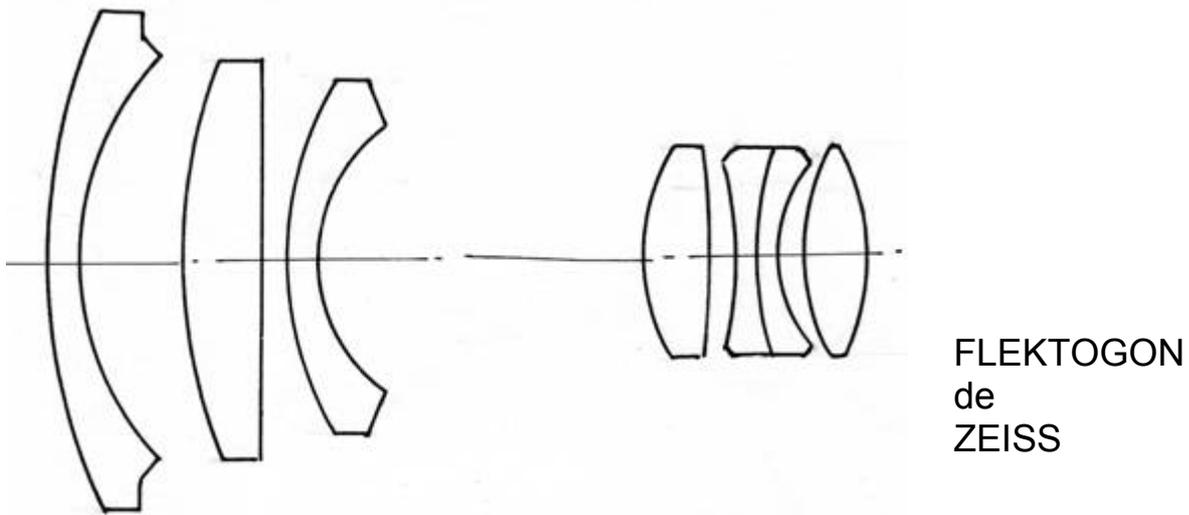
On utilise soit :

- une combinaison centrale encadrée par de grands ménisques divergents relativement éloignés, qui a le désavantage de ne pas pouvoir bénéficier de la visée reflex ;



GRANDAGON
de
RODENSTOCK

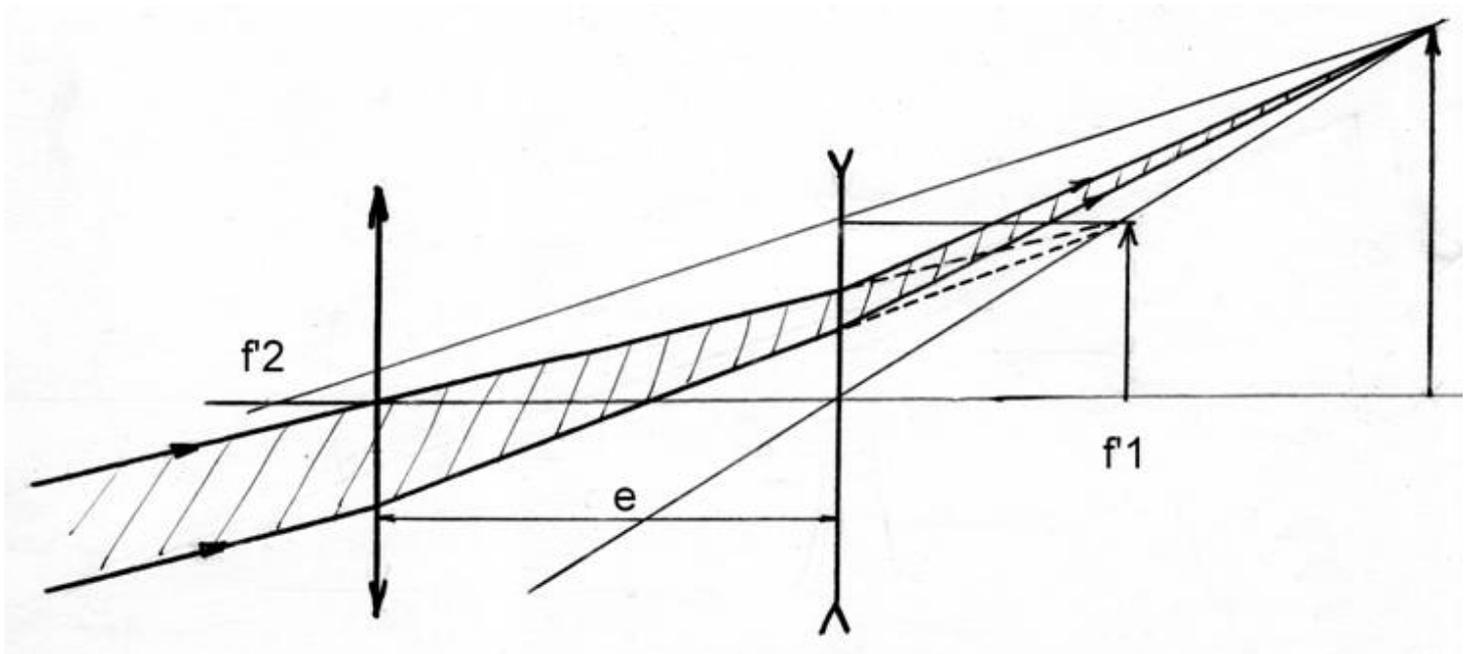
- des objectifs de type téléobjectif inversé (rétrofocus).



C. Téléobjectifs

Le téléobjectif est caractérisé par la présence d'une lentille arrière (ou d'un groupe de lentilles) divergente, très éloignée du plan du diaphragme, et d'un petit groupe convergent placé à l'extrémité du tube. Les téléobjectifs ont une ouverture moins grande que celle des objectifs de focale normale, mais comme on n'utilise que les rayons centraux provenant de sujets lointains, le rendement est toujours très acceptable.

Le fonctionnement du téléobjectif est expliqué par le schéma suivant :



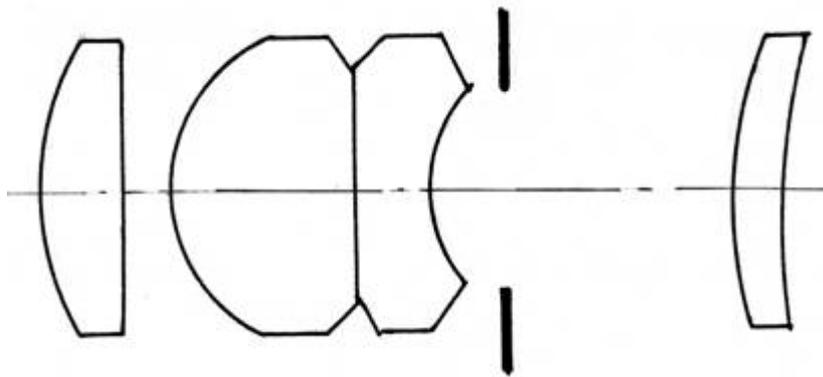
La focale équivalente du système est (f_1, f_2 en valeur algébrique) :

$$f = (f_1 \cdot f_2) / (f_1 + f_2 - e)$$

Un téléobjectif permet d'obtenir une image identique à celle d'un objectif normal de focale identique, mais avec un tirage beaucoup plus faible.

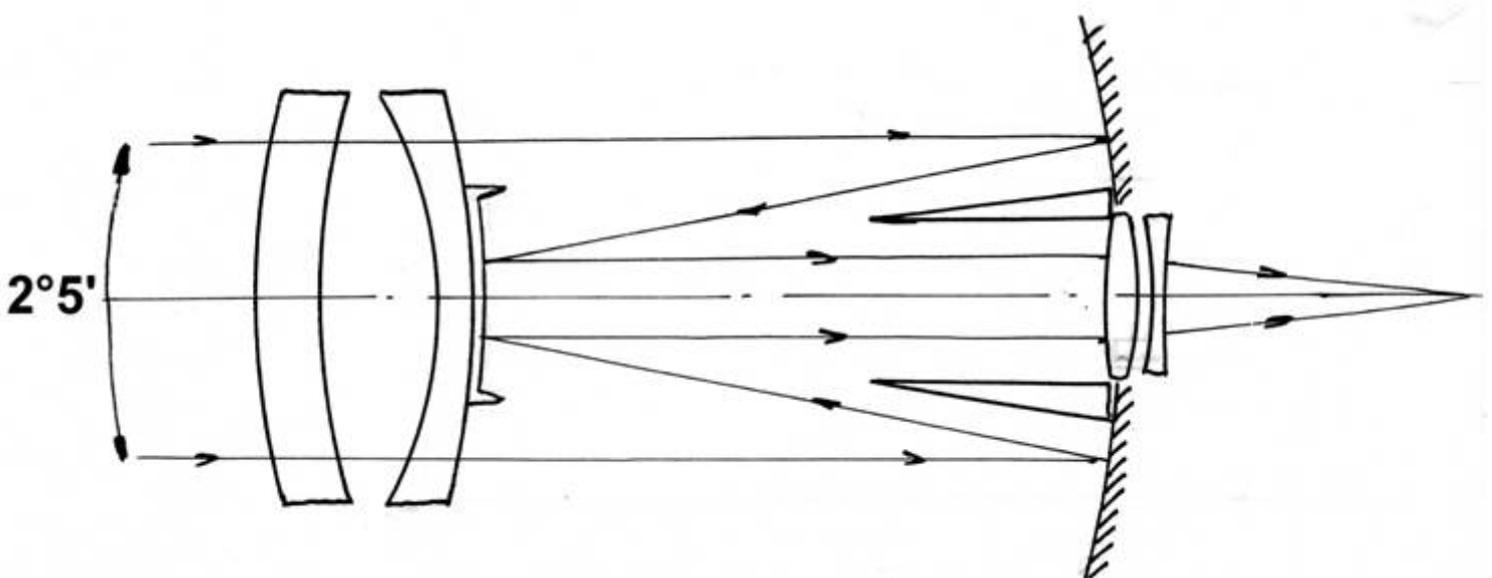
La mise au point des téléobjectifs se fait par modification de la distance des éléments positifs et négatifs.

Sur de nombreux objectifs de grande focale, qui ne sont plus à proprement parler des téléobjectifs, l'élément arrière est convergent ou légèrement divergent, tandis que l'élément divergent est situé plus en avant. Les lentilles médianes très épaisses sont favorables à la correction de l'aberration sphérique.



NIKKOR 135 mm f : 3,5

Dans un autre ordre d'idées il est possible de construire des objectifs d'encombrement et de poids réduits ayant de très longues focales en utilisant des systèmes catadioptriques tels que les miroirs sphériques, dont le fonctionnement est donné par le schéma suivant.



ZEISS MIROTAR 500 mm

Exemple de gamme d'objectifs

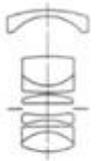
- Focale
- Disposition des lentilles
- Encombrement
- Caractéristiques

21



Angle de champ: 92°
 Nombre de lentilles: 10
 Filtres: série VIII 1/2, se montant sur le parasoleil
 Diaphragme automatique à présélection, cranté (valeurs et demi-valeurs)
 Plus petit diaphragme 22
 Mise au point de l'∞ à 0,20 m
 Champ minimum 14,8 x 22,1 cm
 Guidage rectiligne

35



Objectif grand-angulaire
 Angle de champ 64°
 Nombre de lentilles 7
 Filtres: Série VI, maintenus par bague
 Diaphragme automatique à présélection, cranté (valeurs et demi-valeurs)
 Plus petit diaphragme 22
 Mise au point de l'∞ à 0,30 m
 Champ minimum 14 x 21 cm
 Guidage rectiligne

50



Objectif standard
 Angle de champ 45°
 Nombre de lentilles 6
 Filtres: Série VI, maintenus par bague
 Diaphragme automatique à présélection,
 cranté (valeurs et demi-valeurs)
 Plus petit diaphragme 16
 Mise au point de l'∞ à 0,50 m
 Champ minimum 18 x 27 cm
 Guidage rectiligne

90

Objectif de focale moyenne
 Angle de champ 27°
 Nombre de lentilles 5
 Filtres: Série VII, maintenus par bague
 Diaphragme automatique à présélection,
 cranté (valeurs et demi-valeurs)
 Plus petit diaphragme 22
 Mise au point de l'∞ à 0,70 m
 Champ minimum 14 x 21 cm
 Guidage rectiligne



135



Objectif de longue focale
 Angle de champ 18°
 Nombre de lentilles 5
 Filtres: Série VII, maintenus par bague
 Diaphragme automatique à présélection,
 cranté (valeurs et demi-valeurs)
 Plus petit diaphragme 22
 Mise au point de l'∞ à 1,50 m
 Champ minimum 22 x 33 cm
 Guidage rectiligne

D. Objectifs et dispositifs spéciaux - Accessoires

1. Objectifs de focales variables

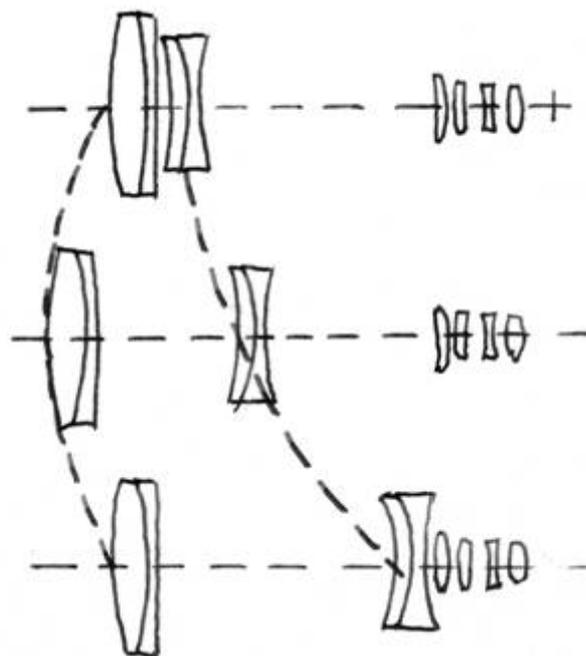
La construction d'objectifs à focale variable présente de nombreuses difficultés qui n'ont pu être résolues que par des systèmes optiques très complexes.

Le principe toujours adopté dans la construction des objectifs à focale variable, est l'emploi d'un objectif ordinaire en avant duquel est disposé un système afocal à grandissement variable.

Rappelons qu'un système afocal comprend un groupe convergent et un groupe divergent dont les foyers images sont confondus si bien que sa convergence est nulle (lunette de Galilée réglée sur l'infini).

Le système afocal doit donc comprendre un minimum 4 lentilles. Un groupe de deux lentilles d'écartement variable convergent et un groupe de deux lentilles d'écartement variable divergent. Un système compensateur optique ou mécanique doit permettre de maintenir en coïncidence les foyers images des deux groupes. Ceci permet d'avoir un grandissement variable.

La permanence de la mise au point sur la plaque photographique est réalisée par déplacement d'un élément convergent du groupe de lentilles constituant l'objectif ordinaire.



Compensation mécanique

Dans la pratique, le groupe objectif ordinaire et le groupe afocal se trouvent intimement mêlés.

L'amplitude de la variation de la distance focale est limitée par la correction de la distorsion. En effet, celle-ci ne peut être corrigée que pour une position donnée du centre optique, or elle varie en fonction de la position des lentilles. La luminosité des objectifs à focale variable est diminuée par le grand nombre de surfaces air-verre.

Parmi les plus belles réalisations, citons :

- Zoomar de VOIGTLANDER (36 - 82 mm)
- Canon (5 - 135 mm)
- Auto TOPCOR (87 - 205 mm)

Sur certains appareils, une seule bague à frottement doux permet par rotation et translation d'assurer simultanément la mise au point et la variation de focale avec une seule main.

2. Modificateur de focale

Les modificateurs de focales sont des systèmes afocaux à grandissement fixe qui se place devant ou derrière un objectif ordinaire et qui en multiplie la focale par un certain coefficient.

Les « *converters* », ou multiplicateurs de focale se placent derrière l'objectif. Ils peuvent être montés en série.

Les jumelles prismatiques monoculaires peuvent être montées devant l'objectif et permettre un grossissement de 8 par exemple.

3. Objectifs à décentrement

Les objectifs à décentrement comportent une commande micrométrique par vis qui permet de déplacer le bloc optique dans toutes les directions, et d'obtenir ainsi des lignes verticales ou horizontales toujours parallèles.

Ces dispositifs de décentrement sont surtout utiles pour les objectifs grands-angulaires (prise de vue d'architecture par exemple).

4. Objectifs à portrait

Dans le domaine du portrait, l'image donnée par un anastigmat peut être trop dure lorsque la mise au point est effectuée correctement.

L'expérience montre qu'un léger décalage dans la mise au point donne une image d'un flou cotonneux sans aucun charme.

Pour obtenir une image douce, il faut donc avoir recours à des objectifs spéciaux qui doivent présenter deux caractéristiques essentielles :

- une focale relativement longue, qui permet en se plaçant assez loin du modèle d'éviter les déformations dues à un point de vue rapproché.
- un résidu d'aberrations.

C'est surtout en utilisant l'aberration chromatique qu'ont été réalisés la plupart des objectifs à portraits.

L'objectif anachromatique de PETZVAL est le premier en date.

L'objectif de PETZVAL se compose d'une combinaison avant comprenant deux lentilles convergente et divergente, formant système achromatique, et d'une combinaison postérieure entachée de chromatisme par l'écartement d'un ménisque divergent en flint et d'une lentille biconvexe en crown.

Il existe à l'heure actuelle peu d'objectifs à flou, car l'agrandissement nécessaire à une vue de petit format suffit dans la plupart des cas à adoucir l'image.



Objectif de PETZVAL

5. Objectifs à base universelle

Certaines gammes d'objectifs comportent une base commune constituée du groupe de lentilles arrière qui reste fixé à demeure sur le boîtier de l'appareil.

Lors du changement d'objectif seul le bloc frontal est donc amovible.

Cette solution conduit à une réduction du coût des éléments interchangeables et à un positionnement très sûr du bloc optique.

6. Macrophotographie

Pour réaliser des photos de très près, deux solutions sont possibles :

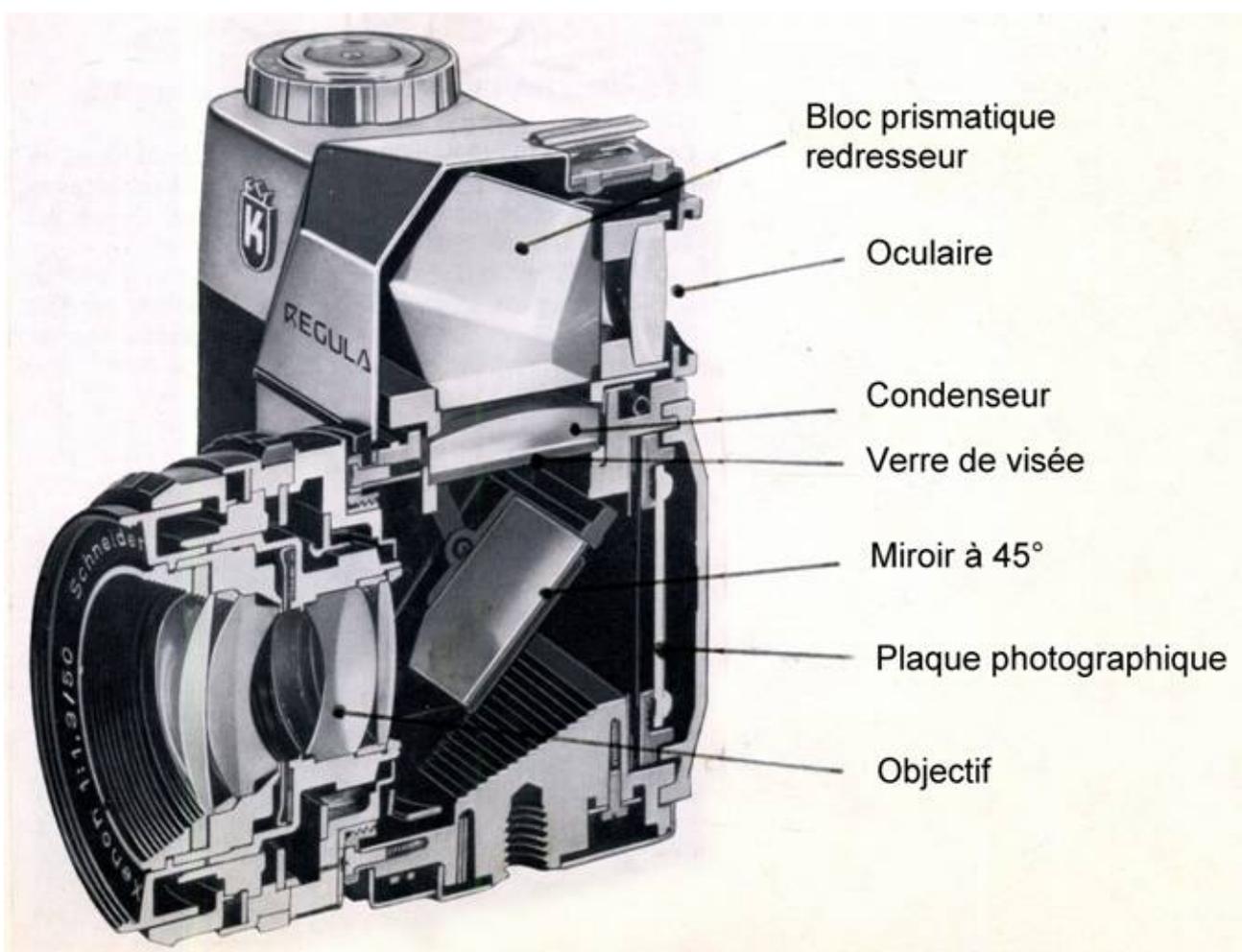
- on peut augmenter artificiellement le tirage de l'appareil en interposant entre l'objectif et le boîtier des bagues de longueur variable, ou un soufflet.
- on peut diminuer la distance focale en plaçant devant l'objectif des lentilles additionnelles de quelques dioptries

-0-0-0-0-0-0-

Le bloc de visée « Reflex »

Un bloc de visée reflex classique comprend :

- l'objectif de l'appareil.
- un miroir à 45° qui intercepte les rayons lumineux provenant de l'objectif et destinés à la plaque photographique,
- un verre de mise au point situé à la même distance du centre du miroir que la plaque photographique et sur lequel vient se former l'image fournie par l'objectif,
- un dispositif d'observation de l'image, généralement constitué d'un condenseur, d'un bloc prismatique redresseur et d'un oculaire.



I. Le miroir à 45°

Ce miroir est soit escamotable, soit fixe.

Miroir escamotable

Le miroir placé à 45° sur le trajet des rayons lumineux destinés à la plaque photographique s'escamote sous l'action d'un ressort de rappel au moment de la prise de vue, (ainsi que le cache noir qui vient se placer devant le film pendant la mise au point, dans le cas des appareils à obturateur central).

Le miroir est remis en place au moment du réarmement et de l'avancement du film ou il est à « retour instantané ».

Le miroir à retour instantané, comme son nom l'indique, ne fait qu'un aller et retour pendant la prise de vue, ce qui permet de suivre constamment l'image dans le viseur et de pouvoir effectuer des visées sans que l'appareil soit armé.

Le miroir est généralement amorti en fin de course de façon à ce que son énergie cinétique importante, étant donné sa vitesse, s'annule sans vibrations de l'appareil.

Le miroir doit pouvoir être verrouillé en position haute pour les objectifs de courtes focales dont le bloc optique est placé très en arrière.

Miroir fixe

Canon sur son PELLIX utilise un miroir fixe qui évidemment est semi-transparent.

La surface semi-transparente de ce miroir est constituée d'une couche pelliculaire réfléchissante de 1 micron d'épaisseur.

Ce miroir laisse passer 70 % de la lumière et en réfléchit 30 % dans le bloc de visée.

Le posemètre qui contrôle le temps d'exposition doit évidemment être réglé en conséquence.

Ce procédé permet de réaliser des poses longues sans interruption de la visée. Il ne permet pas, par contre, l'emploi des objectifs grands angulaires.

II. Le verre de visée

Le verre de visée se trouve placé exactement dans le plan focal image de l'objectif, compte tenu de la rotation de 90° de l'axe optique engendrée par le miroir à 45° .

Il se forme donc sur le verre de visée, si la mise au point est correcte, une image non renversée; par contre elle est inversée latéralement (voir planches 1 et 2).

La nature de ce verre de visée est essentiellement variable.

Il peut être constitué :

- d'un verre dépoli à texture très fine qui donne la représentation photographique du sujet et permet un contrôle de la profondeur de champ,
- d'un réseau de lentilles de Fresnel. Ces lentilles de Fresnel ont l'avantage de répartir la lumière sur toute la surface de contrôle jusque dans les coins. Ce dispositif donne une image réelle lumineuse identique à celle vue dans un cadre muni d'une vitre, si la combinaison optique du bloc de visée est bien calculée.
- d'un réseau dépoli de lentilles de Fresnel, compromis entre les deux solutions précédentes.

D'autre part, un dispositif télémétrique peut être adjoint au verre de visée étant donné qu'il est difficile sur une lentille ou un dépoli de distinguer le moment précis où l'image est optiquement nette.

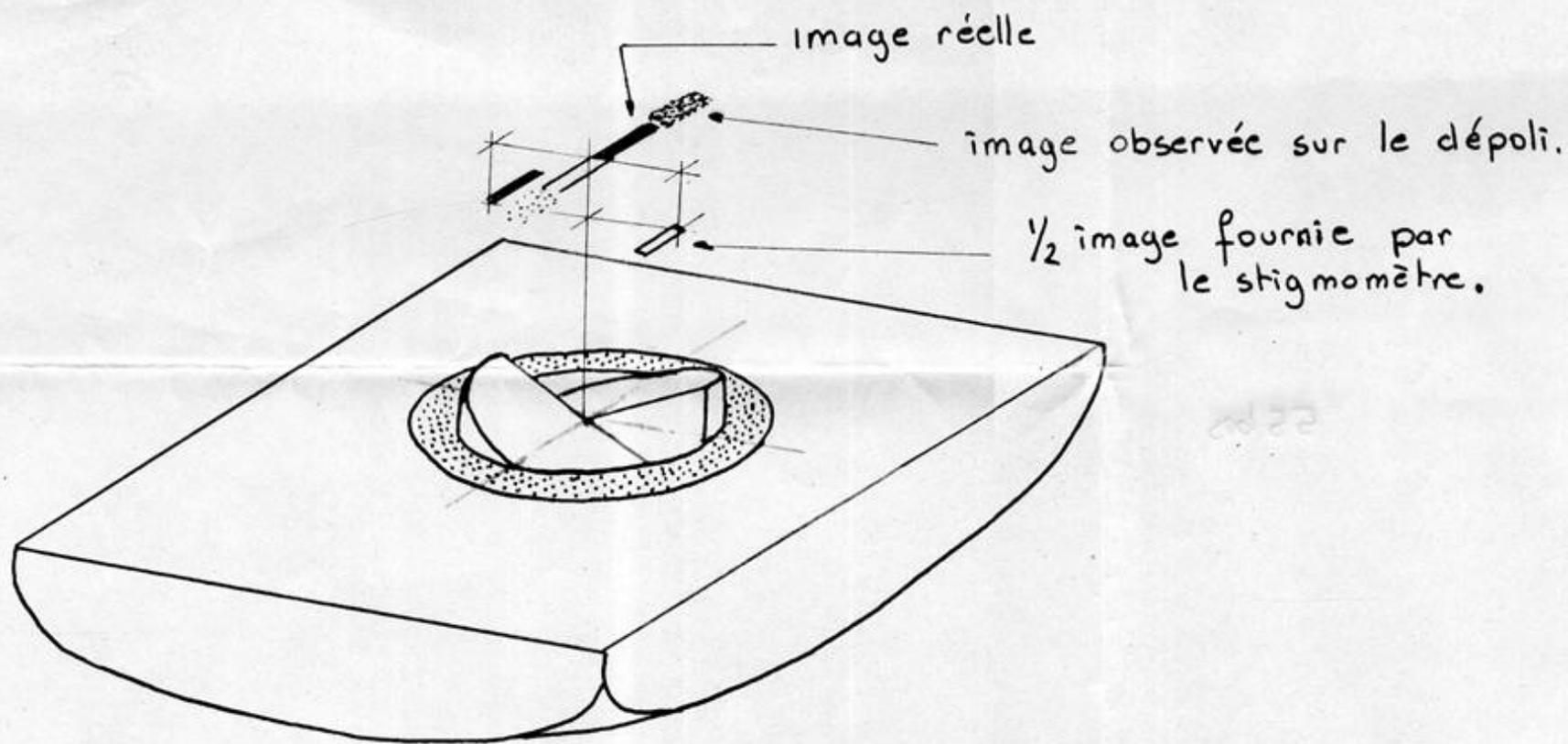
Ce système télémétrique est soit un stigmomètre, soit un réseau de microprismes.

Le stigmomètre

Le stigmomètre ou système de Dodin, est un système à prismes à pente croisée.

Au centre du verre de visée sont insérés deux prismes semi circulaires de manière que leur intersection se trouve au même niveau que la surface dépolie où se forme l'image (voir planche 1).

C'est un télémètre à champs séparés dont la base dépend de l'angle des deux prismes. Chaque prisme donne naissance à une petite



VERRE DE VISÉE
à STIGMOMÈTRE
et ANNEAU DÉPOLI -

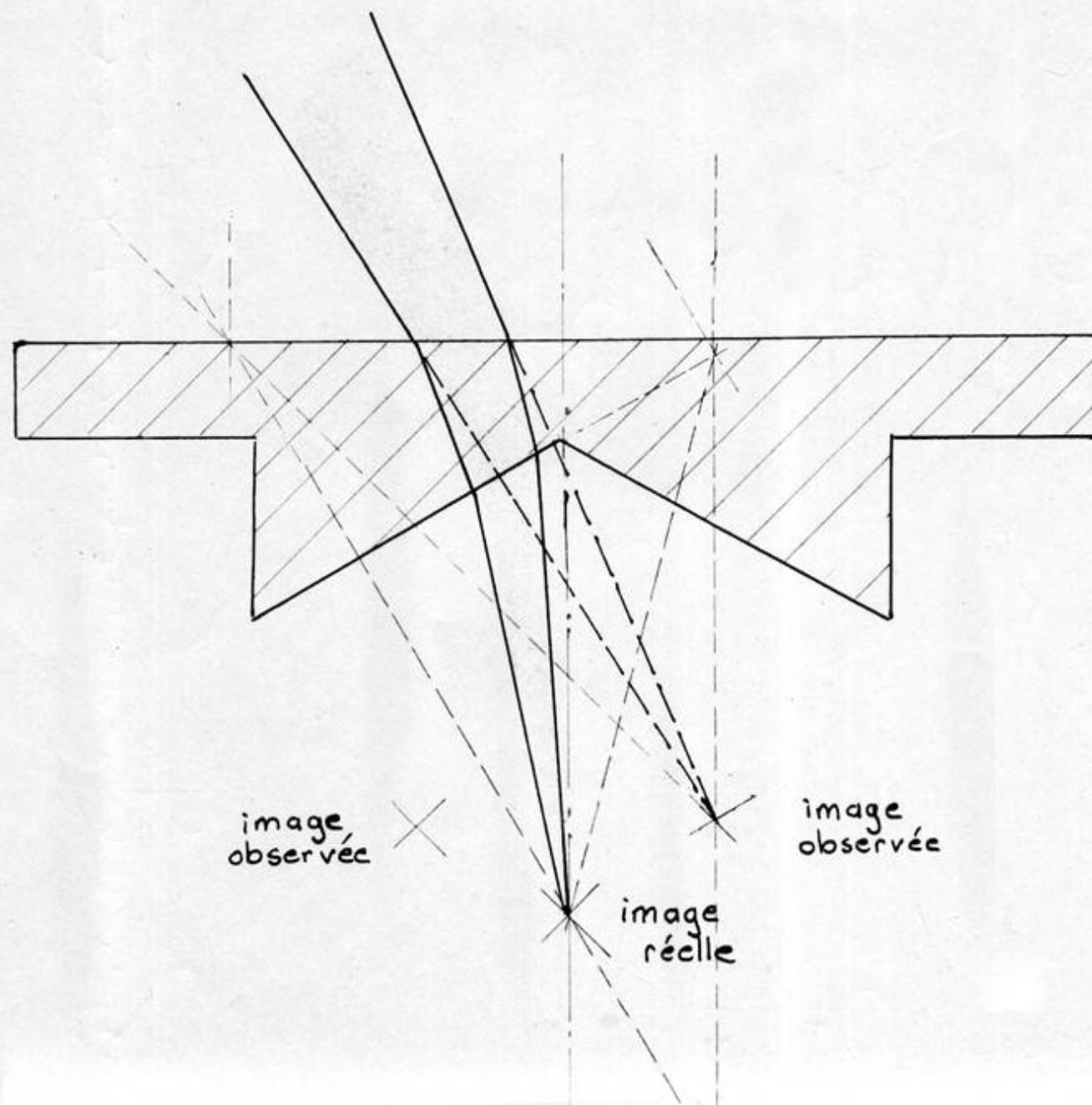


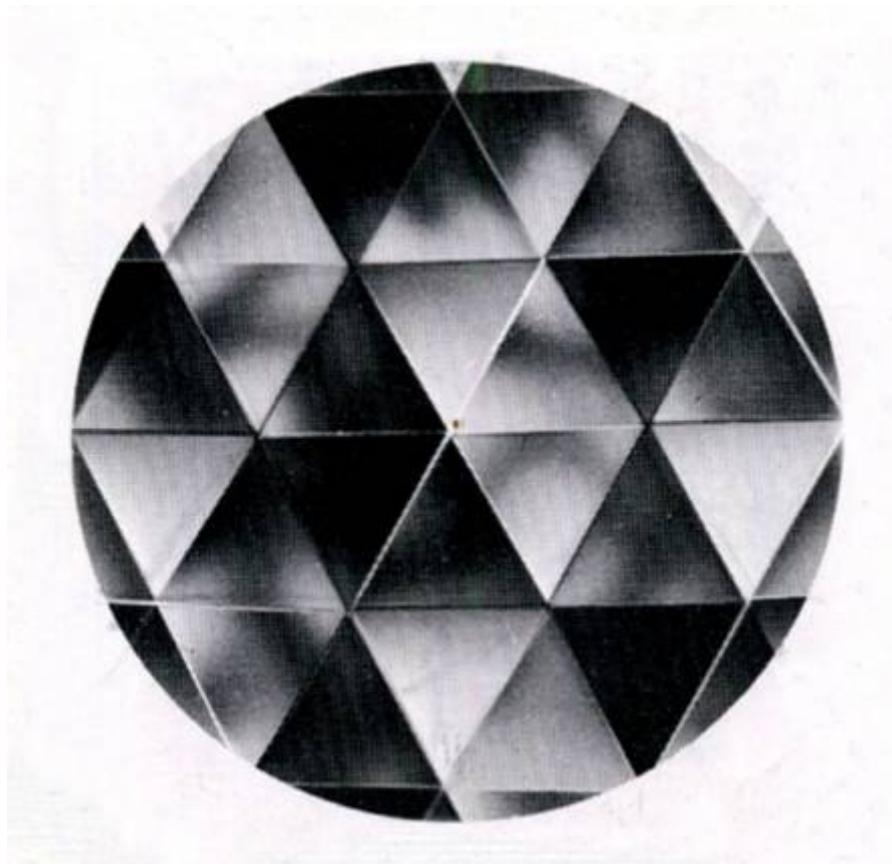
PLANCHE n°1
SCHÉMA THÉORIQUE
du STIGMOMÈTRE -

portion d'image, décalée l'une par rapport à l'autre, tant que la mise au point de l'objectif n'est pas parfaite.

Ce système est très commode pour les sujets de forme géométrique, et est très précis pour la macro et micro photographie.

Le réseau de microprismes

Le réseau de microprismes est réalisé par de fines rayures triangulaires micrométriques, à raison de 20 par mm, croisées à 120° de façon à réaliser une juxtaposition de micro-pyramides à 6 faces inclinées à 30° sur l'horizontale.



Réseau de microprismes
gros 1000 fois

Le réseau de microprismes fractionne l'image en tramé flou, tant que le réglage de la distance n'est pas parfaitement au point de la même manière théorique que le stigmomètre.



Ces différents systèmes permettent alors la construction de verres de visée complexes associant jusqu'à trois dispositifs différents.

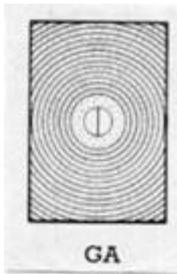
Les dispositifs multiples les plus utilisés sont les suivants :

- stigmomètre central entouré d'une couronne de dépoli sur fond de lentilles de Fresnel,
- stigmomètre central sur fond dépoli,
- réseau central de microprismes sur fond dépoli ou sur anneau de Fresnel,
- pastille centrale de dépoli sur anneau de Fresnel.

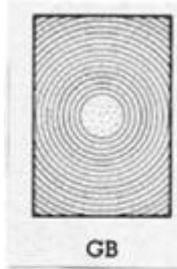
Ces verres sur "beaucoup d'appareils sont montés à demeure, mais certaines marques les ont rendus interchangeables.

Ainsi NIKON présente 14 verres différents qui sont adaptables à chaque cas précis de mise au point (photo d'architecture, microphotographie, utilisation de longue focale...)

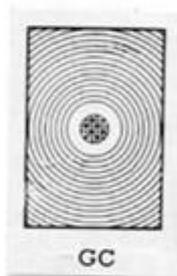
A titre d'indication, voir page suivante, la gamme des verres interchangeables MIRANDA :



GA : Stigmomètre et dépoli sur surface mate et lentilles de Fresnel, pour usage général.

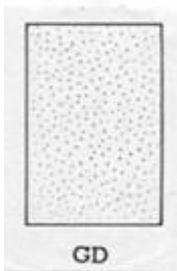


GB : Dépoli et lentilles de Fresnel sur surface mate pour usage général avec des optiques de longue focale.

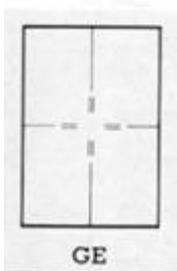


GC : Microprismes centraux sur lentilles de Fresnel claires.

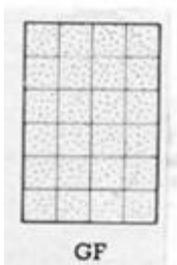
- GCW : Dépoli pour optique grand angle
- GCS : Pour optique normale.
- GCT : Pour téléobjectif.



GD : Dépoli à surface entièrement mate pour photocopies et photographies astronomiques.



GE : Dépoli transparent avec repère en croix pour prises de vues microphotographiques et pour autres travaux demandant de très forts agrandissements.



GF : Dépoli à surface mate avec ligne de délimitation pour usage spécial, pour travail d'architecture permettant une image très exacte.

Gamme des verres de visée MIRANDA

III. Dispositifs d'observation de l'image

Si le verre de visée comporte un dépoli mat, l'observation de l'image réelle donnée par l'objectif peut se faire directement sur le verre, mais l'image 24 X 36 mm est d'une observation délicate et se trouve inversée.

Dans ce cas, le miroir doit venir constituer en position haute un écran étanche à la lumière, pendant la prise de vue.



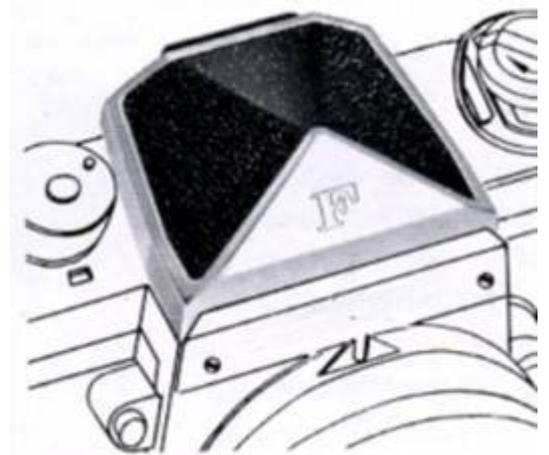
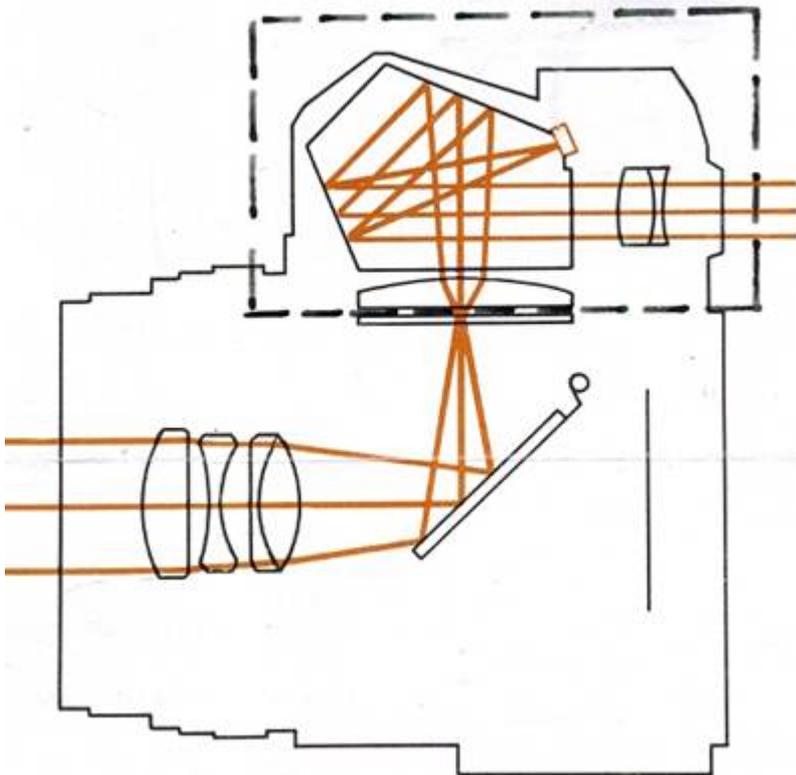
Observation directe
Sur verre dépoli

Pour agrandir l'image, certains constructeurs placent simplement une loupe au dessus du verre, mais l'image est toujours inversée.



Ce dispositif peut être intéressant pour la photographie à hauteur de poitrine ou les photos pour lesquelles l'appareil doit être maintenu au dessus de la tête de l'opérateur.

La plupart du temps cependant, les constructeurs adaptent sur le boîtier des appareils, un bloc pentaprisme ou prisme en toit, fixe ou amovible, combiné à un oculaire grossissant, qui fournit à l'oeil une image droite non inversée latéralement.



Bloc pentaprisme

Le schéma optique complet d'un tel dispositif est donné par la planche 2. Il est finalement assimilable à la figure suivante :

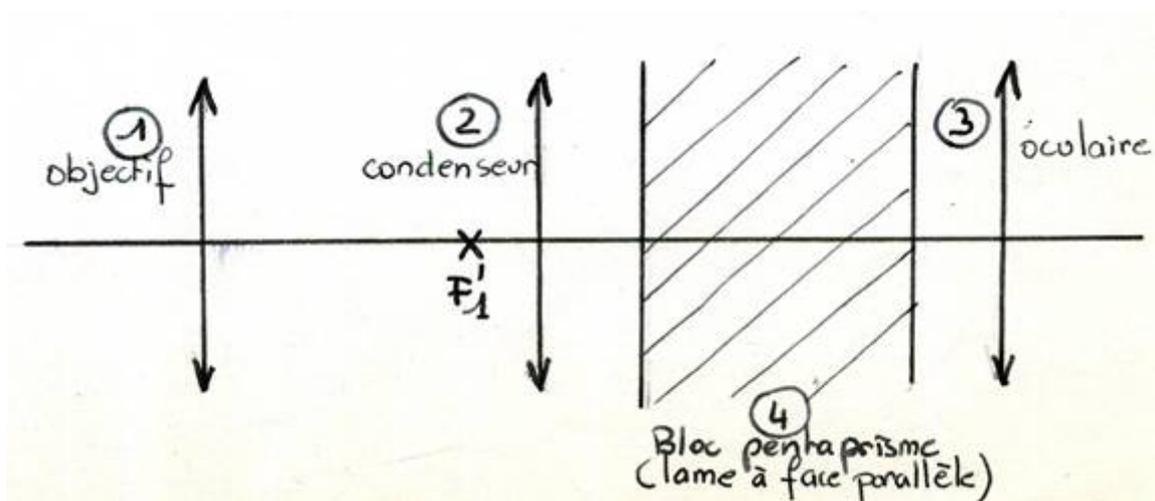
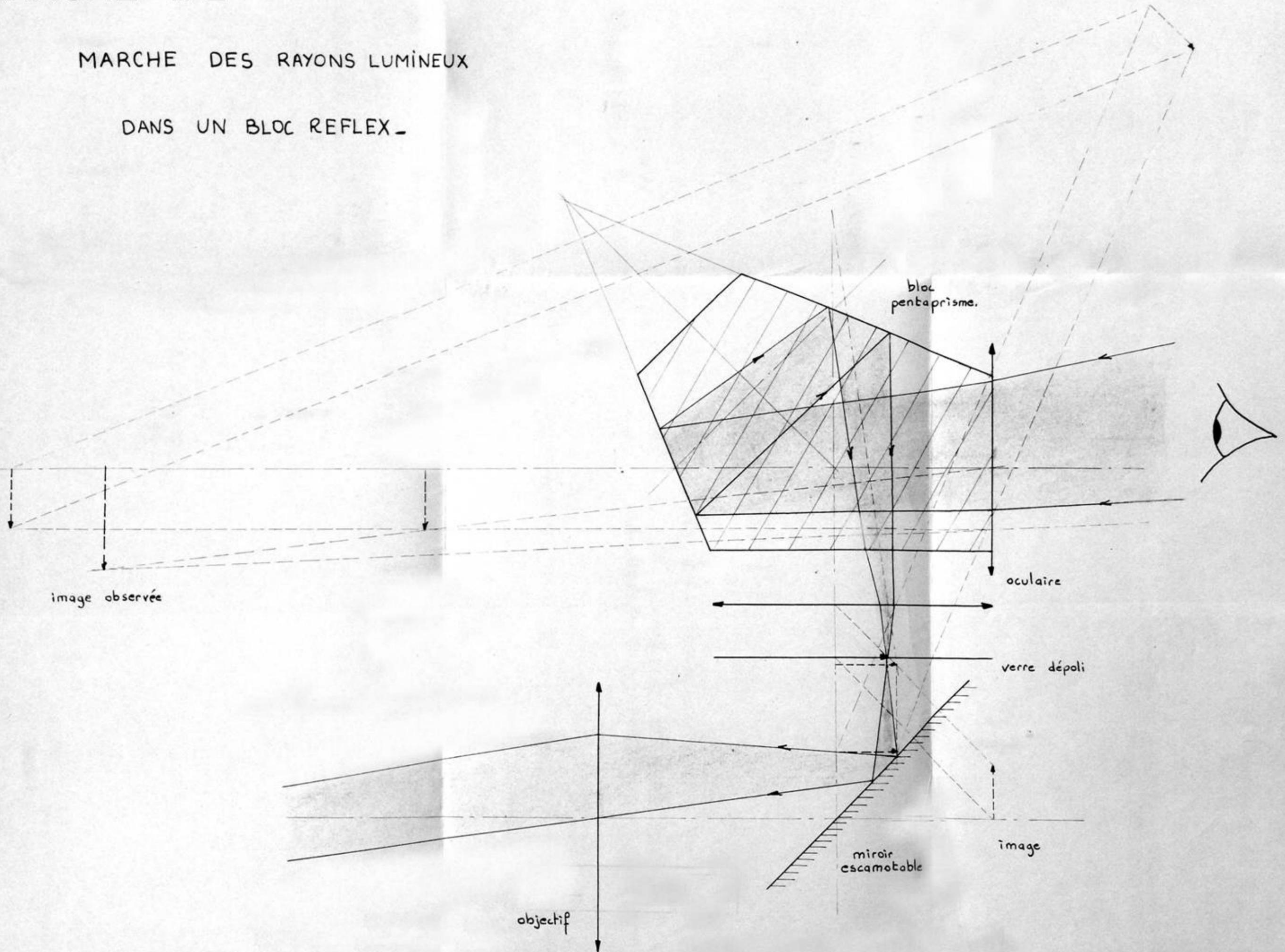


PLANCHE n°2

MARCHE DES RAYONS LUMINEUX

DANS UN BLOC REFLEX.



Pour obtenir une image reproduisant exactement la réalité, il faut donc que ce système, calculé pour l'objectif de focale normale (50 mm) ait une focale résultante infinie (convergence nulle).

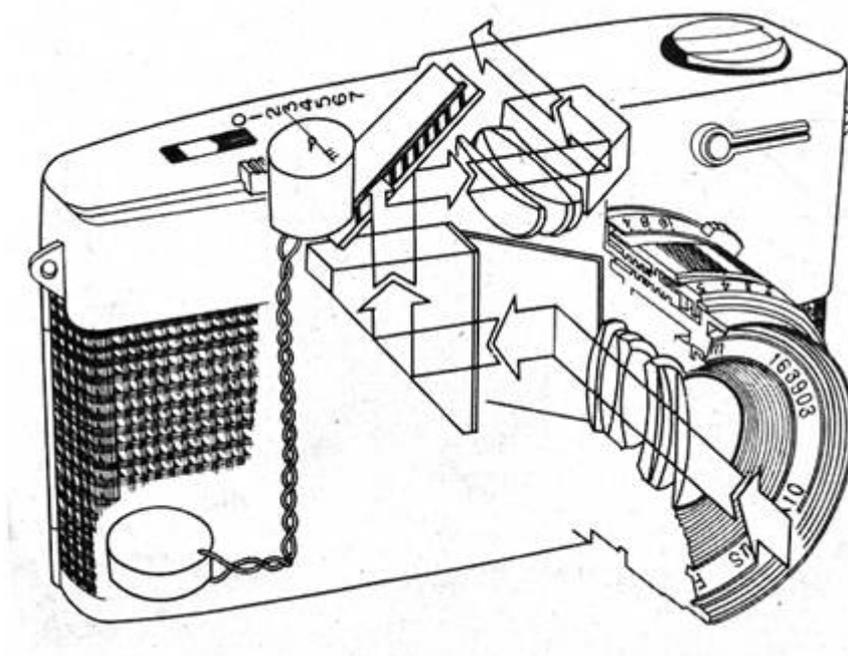
Pour ce faire, il est possible de jouer sur 5 paramètres :

- les positions des condenseurs et de l'oculaire (dans une faible mesure),
- la focale de ces lentilles,
- l'épaisseur de la lame à faces parallèles constituant le pentaprisme, donc les cotes de celui-ci.

Ce résultat est atteint dans la plupart des appareils modernes et a le grand avantage de restituer lors de l'utilisation de téléobjectifs le grossissement réel obtenu à la manière d'une paire de jumelles.

Sur certains appareils, le constructeur a voulu réduire l'importance du volume du bloc pentaprisme tout en restituant une image redressée non inversée.

C'est ainsi que la firme japonaise OLYMPUS présente un reflex 18 x 24 mm miniature dont le bloc de visée a une technologie très particulière. Le miroir escamotable à 45° renvoie les rayons lumineux vers le côté de l'appareil, dans lequel un train de prismes, de miroir et de lentilles conduit le faisceau incident sur l'oculaire.



Le dispositif de réglage de l'exposition

Un peu d'histoire

La mesure du temps de pose a été de tous temps la plus grande préoccupation des photographes. Dès les premiers balbutiements de la technique photographique on s'est efforcé de résoudre scientifiquement ce délicat problème.

Le premier essai a été la constitution de tables de pose gigantesques qui donnaient une vitesse d'obturation et un diaphragme en fonction de la latitude de l'endroit, la hauteur du soleil dans le ciel, l'état du ciel, la couleur du sujet à photographier, la position du sujet au soleil ou à l'ombre, les qualités de l'objectif et la nature de la surface sensible utilisée. Les résultats étaient tellement sujets à caution que le photographe averti avait tout intérêt à se fier à son instinct...

Ensuite sont apparus des systèmes basés sur le seuil de sensibilité de l'oeil ou le noircissement d'un papier au citrate.

Evidemment, à côté des techniques modernes, ces divers procédés étaient peu sûrs et peu utilisables. Mais il ne faut pas oublier qu'à cette époque le développement des plaques pouvait être contrôlé visuellement étant donné leur faible rapidité et qu'elles pouvaient être ainsi corrigées dans des proportions importantes.

L'apparition des émulsions rapides panchromatiques et le développement de la photo en couleurs ont demandé un essor considérable des techniques de mesure de la lumière.

Les cellules photo électriques ont entraîné peu à peu une révolution de la technique photographique. Dans un premier temps, les cellules ont formé des éléments indépendants de l'appareil photo et mesuraient l'intensité lumineuse du sujet à photographier et permettaient en connaissant la rapidité du film utilisé de donner les éléments de réglage de l'appareil.

Ces cellules existent encore et ne font finalement qu'intégrer toutes les variables dont nous avons fait mention précédemment.

Ensuite les progrès de la technique, en permettant la miniaturisation des éléments photosensibles et garantissant une pratique indestructibilité à ces éléments, ont permis d'intégrer la cellule à l'appareil photo.

Les progrès réalisés ces dernières années ont été très rapides. Les posemètres ont d'abord été couplés au diaphragme ; certains appareils ont même vu leur posemètre régler automatiquement le diaphragme. Enfin la cellule a été placée derrière l'objectif pour mesurer de plus en plus exactement la quantité réelle de lumière.

Les posemètres

Il existe encore deux types fondamentaux de cellules, bien que les secondes nommées tendent à se généraliser : les posemètres au sélénium et les posemètres au sulfure de cadmium.

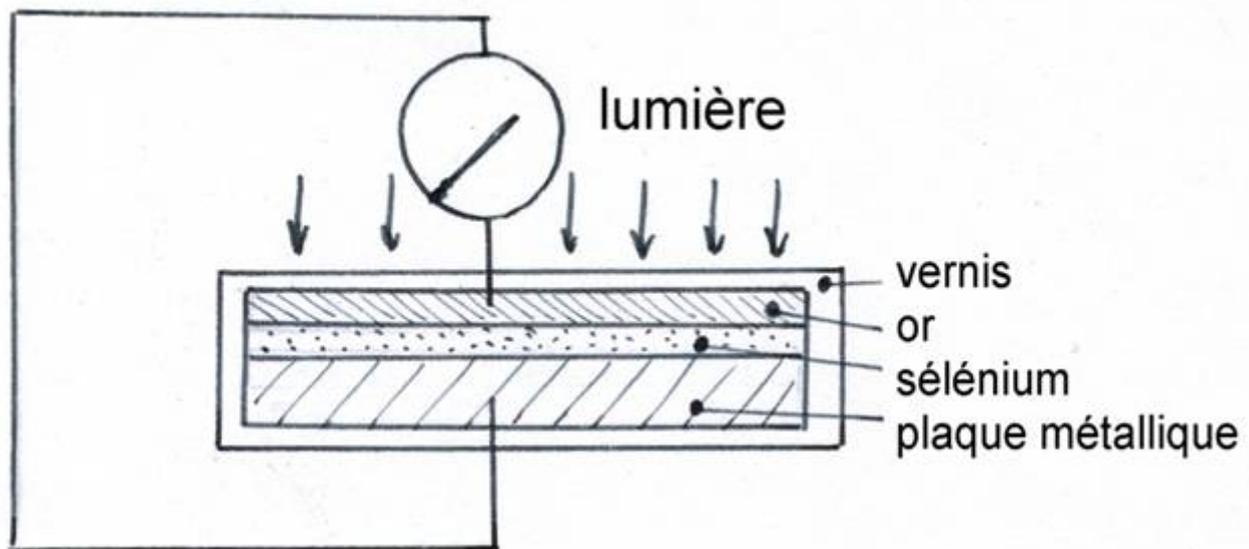
1. Cellule au sélénium

Le sélénium a la propriété de produire un courant électrique quand il est frappé par de la lumière.

En mesurant à l'aide d'un galvanomètre le courant produit, on possède une évaluation objective de la quantité de lumière provenant d'un champ déterminé.

Les photopiles au sélénium sont constituées par un disque de métal sur lequel est déposée une mince couche de corps semi-conducteur. Ce corps (sélénium) est lui même recouvert d'une mince couche d'or transparente. Le disque de métal et la couche de métal noble sont les électrodes du système. L'ensemble est recouvert d'un vernis anti-moisissures.

Le courant produit par la photopile est proportionnel à l'éclairement donc au carré de la distance d'une source lumineuse que l'on déplacerait, du moment que le microampèremètre de mesure soit le plus résistant. A titre d'indication, une lampe de 100 candelas placée à un mètre donne un éclairement de 100 lux et le courant produit est d'environ 50 micro-ampères.



Principe d'une cellule au sélénium (photopile)

Il est impossible d'amplifier le courant d'une photopile au sélénium si bien qu'elle n'est pas utilisable avec précision pour les faibles éclaircissements. En effet sa résistance intérieure est rarement supérieure à 10 000 ohms, si bien que si elle est reliée à la résistance d'entrée d'un amplificateur, le courant se referme à l'intérieur de la photopile.

Il est difficile de connaître exactement les méthodes employées par les constructeurs pour la préparation des photopiles au sélénium ; mais il semble que les quelques renseignements suivants soient exacts :

La plaque support est presque toujours en fer, quelquefois nickelé. La surface en est nettoyée et dégraissée très soigneusement. Il faut la rendre rugueuse afin que le sélénium, qui sera déposé à chaud, y adhère bien et ne se craquelle pas pendant le refroidissement. Une surface convenable peut être obtenue par attaque à l'acide sulfurique dilué chaud ; on lave ensuite la surface ainsi décapée, et on la chauffe au rouge naissant pour en chasser les dernières traces de graisse et d'humidité.

Il y a certainement plusieurs façons d'appliquer ensuite la couche de sélénium sur la plaquette de fer ainsi traitée. Le sélénium est un corps simple solide dont les propriétés ressemblent à celles du soufre ; on le mélange d'ailleurs souvent, pour cet usage, à 1/10 de soufre, mais on peut aussi l'utiliser pur.

Une couche d'épaisseur suffisante de sélénium, de quelques dixièmes de millimètre, peut être obtenue par condensation de la vapeur, mais la pratique la plus usuelle consiste certainement à l'étendre à chaud sous forme liquide ou pâteuse. Si au sélénium est mêlé un peu de soufre, il suffit de le laminer à l'épaisseur voulue et de le refroidir jusqu'à ce qu'il redevienne solide ; le dépôt obtenu est assez robuste pour supporter le recuit qu'il va falloir lui faire subir. Si le sélénium est pur, on dépose à chaud une lame de verre, chaude également, sur le sélénium avant qu'il soit solide et on chasse l'excès de matière par une légère pression. Il faut aussi veiller à ne pas emprisonner des bulles d'air. Puis on laisse refroidir et enfin on procède à la cuisson ; mais la lame de verre est maintenue jusqu'à la fin du traitement, sans doute pour éviter que le sélénium solide s'écaille, se fendille ou se détache du support de fer pendant le recuit.

Cette cuisson dure trois heures à 165° C, ou une demi-heure à une heure à 200° C. La couche de sélénium, initialement noire et brillante comme un miroir, recristallise pendant ce traitement ; elle prend une teinte grise mate, et tend à se contracter ; c'est pourquoi on prend des précautions, pendant la préparation du support et pendant le recuit, pour éviter les craquelures et les fissures.

Le métal noble est déposé sur le sélénium par deux procédés principaux : l'évaporation dans le vide, ou la pulvérisation cathodique.

Dans le premier cas, le métal noble est chauffé dans le vide sur un filament de tungstène incandescent ; les atomes du métal vaporisé voyagent en ligne droite à grande vitesse dans le vide et se fixent sur la première surface froide qu'ils rencontrent ; on les reçoit ainsi sur la photopile en voie d'achèvement.

Pour la pulvérisation cathodique, point n'est besoin de chauffer le métal pour le vaporiser : on provoque une décharge électrique lumineuse dans une atmosphère gazeuse raréfiée entre la photopile et une électrode du métal à déposer ; lorsque les conditions sont bien choisies, on provoque le transport du métal sur la photopile.

Pendant que se forme cette couche métallique, on éclaire la photopile et on mesure le courant photoélectrique ; on arrête le dépôt de métal lorsque ce courant passe par une valeur maximale, et commence à décroître. A ce moment, la photopile est terminée, il suffit de la, protéger par un vernis transparent, et de l'enfermer dans son boîtier.

Une cellule photoélectrique au sélénium utilisée dans les appareils photographiques a une surface de plusieurs centimètres-carré et ne peut donc pas être positionnée derrière l'objectif.

Elle est donc placée au dessus de l'objectif, ou sur certains appareils à objectif fixe en couronne autour de celui-ci.



Appareils à cellule au sélénium

Une cellule au sélénium donne un champ de mesure plus large que celui des objectifs de focale normale et on place donc devant la cellule un réseau de petits tunnels à section carrée ou hexagonale recouvert d'une surface transparente gaufrée en forme de petites lentilles, pour restreindre le champ.

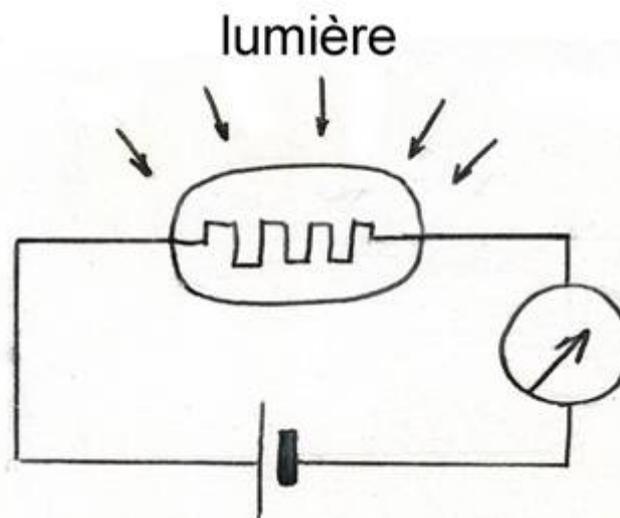
Des corrections doivent être apportées aux mesures, lorsque l'opérateur utilise des objectifs de faible luminosité, des bagues rallonges, etc., systèmes qui diminuent la lumière arrivant sur la plaque photographique.

2. Cellule au sulfure de cadmium (CdS)

Apparues en 1958, les cellules au sulfure de cadmium tendent maintenant à supplanter tous les autres moyens de mesure de la lumière.

Le sulfure de cadmium a la propriété d'avoir une résistance électrique variable en fonction de l'énergie lumineuse qu'il reçoit.

Une pile, un élément CdS et un galvanomètre en série permettent donc de déterminer l'exposition nécessaire pour une prise de vue. Si aucune lumière ne frappe l'élément CdS, sa résistance est très grande et aucun courant électrique ne traverse le galvanomètre dont le cadre mobile reste au repos. Par contre si de la lumière frappe la cellule, le courant fourni par la pile traverse le sulfure de cadmium et fait dévier l'aiguille.



Principe d'une cellule au sulfure de cadmium (CdS)

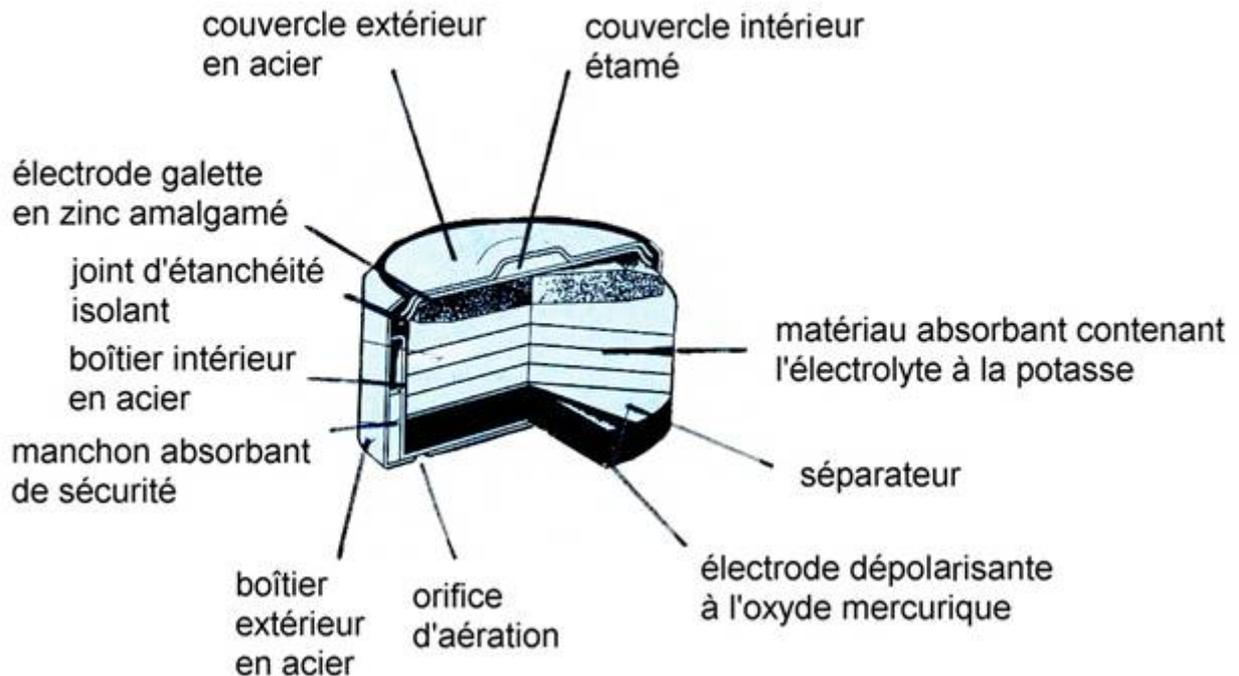
Le sulfure de cadmium pur ne donne des variations de résistance que pour la lumière bleue et ultraviolette. Il faut ajouter des traces de cuivre et d'argent pour les radiations jaunes ou rouges.

La fabrication de ces cellules se heurte aux difficultés de préparation des matières chimiquement pures à un très haut degré. La moindre réaction avec les récipients, la moindre souillure atmosphérique ou les poussières peuvent ruiner une fabrication.

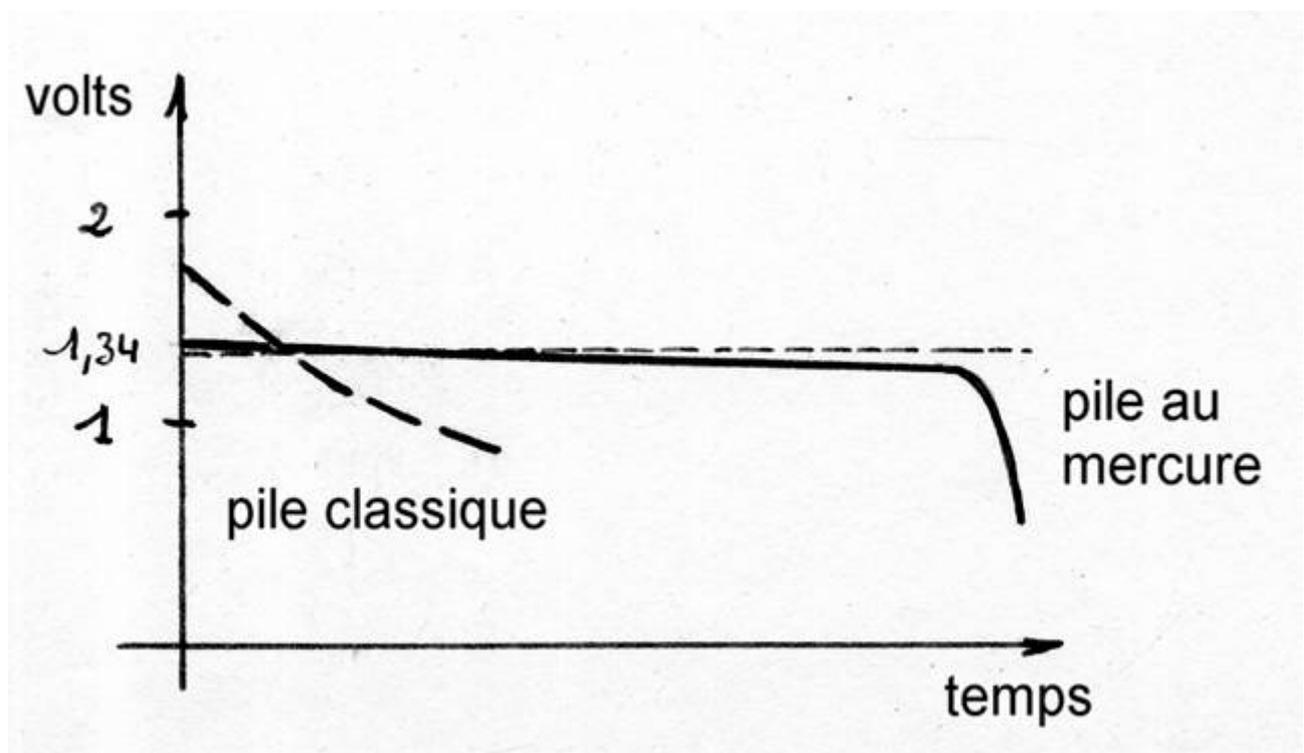
Le semi-conducteur est disposé en couche mince sur un support isolant sur lequel il constitue un ruban.

Nous avons vu que les éléments photo-sensibles CdS nécessitent l'emploi d'une pile comme source de courant.

Les piles utilisées pour les appareils photographiques sont des piles à l'oxyde de mercure qui ont la particularité primordiale de donner sous un volume réduit (la grosseur d'un bouton de gilet) une tension constante de 1,34 Volts pendant toute leur décharge.



Construction d'une pile au mercure



Cette servitude de la pile (une seule pile peut néanmoins supporter plus d'un an d'usage intensif soit 10 000 mesures) est largement compensée par les nombreux avantages du système :

- l'élément CdS est très sensible et certaines cellules peuvent mesurer l'éclairement de la lune sur la terre,
- la sensibilité de l'élément CdS n'est pas fonction de sa dimension à l'inverse de la cellule au sélénium.

La miniaturisation des éléments CdS a eu pour conséquence directe leur positionnement derrière l'objectif de l'appareil. C'est le système T.T.L (through the lens) ou B.T.L (behind the lens).

Les avantages de ce système sont énormes tant sur le plan de la précision des résultats que sur le plan de la facilité d'emploi.

- la cellule ne mesure que le champ réellement photographié quel que soit l'objectif utilisé et les accessoires adaptés,
- il n'y a pas de correction à faire dans le cas d'utilisation d'accessoires (photographie sur microscope par exemple).

Les cellules derrière l'objectif permettent également en utilisant plusieurs placées à des endroits adéquats d'intégrer la luminosité de toute l'image pour donner une valeur moyenne.

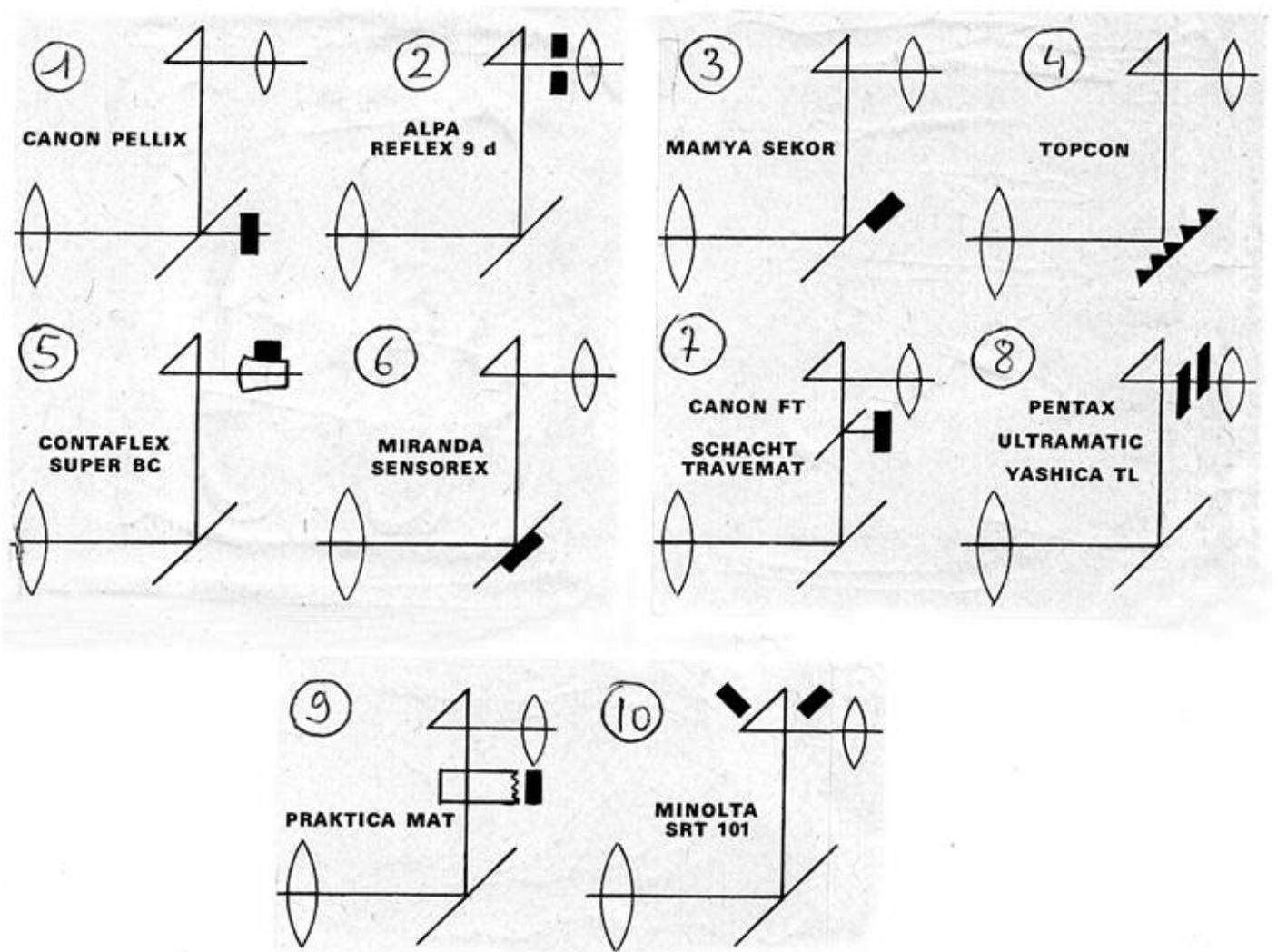
De plus, elles peuvent être montées avec des dispositifs électroniques permettant une compensation de la lumière (C.L.C. : Contrast Light Compensator) ou un traitement intégré des données (I.D P : Integrated Data Processing).

Place de la cellule

Nous ne reviendrons pas sur les posemètres placés à l'extérieur de l'appareil.

Le choix de l'emplacement de la cellule derrière l'objectif est guidé par un premier impératif : la cellule doit mesurer la lumière qui rentre dans l'appareil à travers l'objectif et être totalement insensible aux lumières parasites qui rentrent par l'oculaire du viseur de l'appareil.

L'ingéniosité des constructeurs est sans limite et on peut dénombrer plusieurs dizaines de combinaisons effectivement utilisées. Nous ne citerons que les principales.



1. La cellule est placée derrière le miroir semi-transparent fixe, devant l'obturateur à rideaux et se rabat vers le fond du boîtier lors de la prise de vue.

2. Deux cellules analysent la luminosité de l'image qui se forme sur le dépoli, tandis que la troisième mesure la quantité de lumière parasite entrant par l'oculaire, qui est déduite.

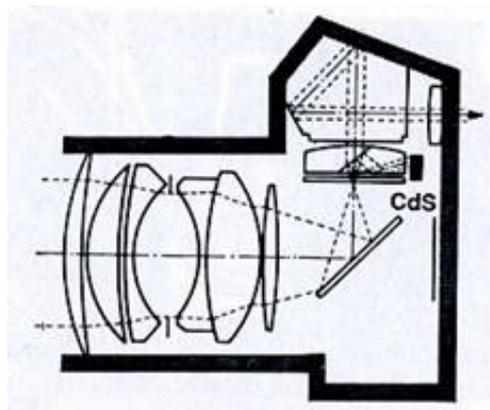
3. La cellule est placée en haut du miroir, ce qui correspond au bas de l'image sur la lentille dépolie. Elle ne lit qu'une faible partie de cette image (mesure spot).

4. Le réseau photo résistant au sulfure de cadmium est gravé à la surface de la couche postérieure du miroir à 45° dans la couche antérieure réfléchissante duquel sont ménagées des lignes micrométriques transparentes. Ces fentes (1/20 de mm) sont invisibles sur le dépoli de visée.

5. La cellule est unique à l'arrière du prisme en toit et couvre l'image tout entière. Elle reçoit la lumière par l'intermédiaire d'un petit "bloc optique fonctionnant comme un miroir à 45° qui a l'avantage d'envoyer la lumière parasite provenant de l'oculaire dans la direction opposée à la cellule, sur une surface absorbante.

6. La cellule se trouve au centre du miroir où elle occupe une surface circulaire de 8mm de diamètre. Elle intègre donc la lumière dans un angle de 5° 40' avec un objectif de 50 mm (mesure spot).

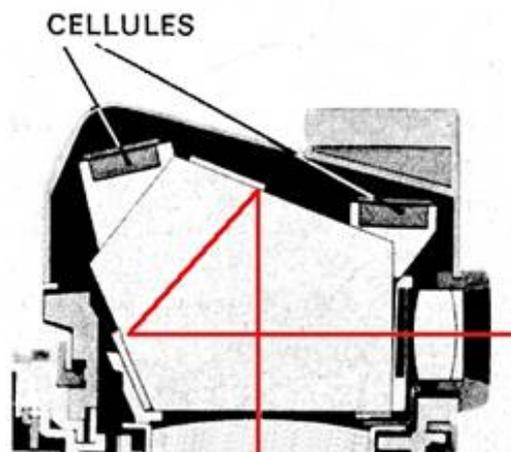
7. La cellule est au voisinage de la lentille dépolie. Une surface semi-réfléchissante, souvent interne au condenseur, renvoie une partie des rayons lumineux sur la cellule à large surface.

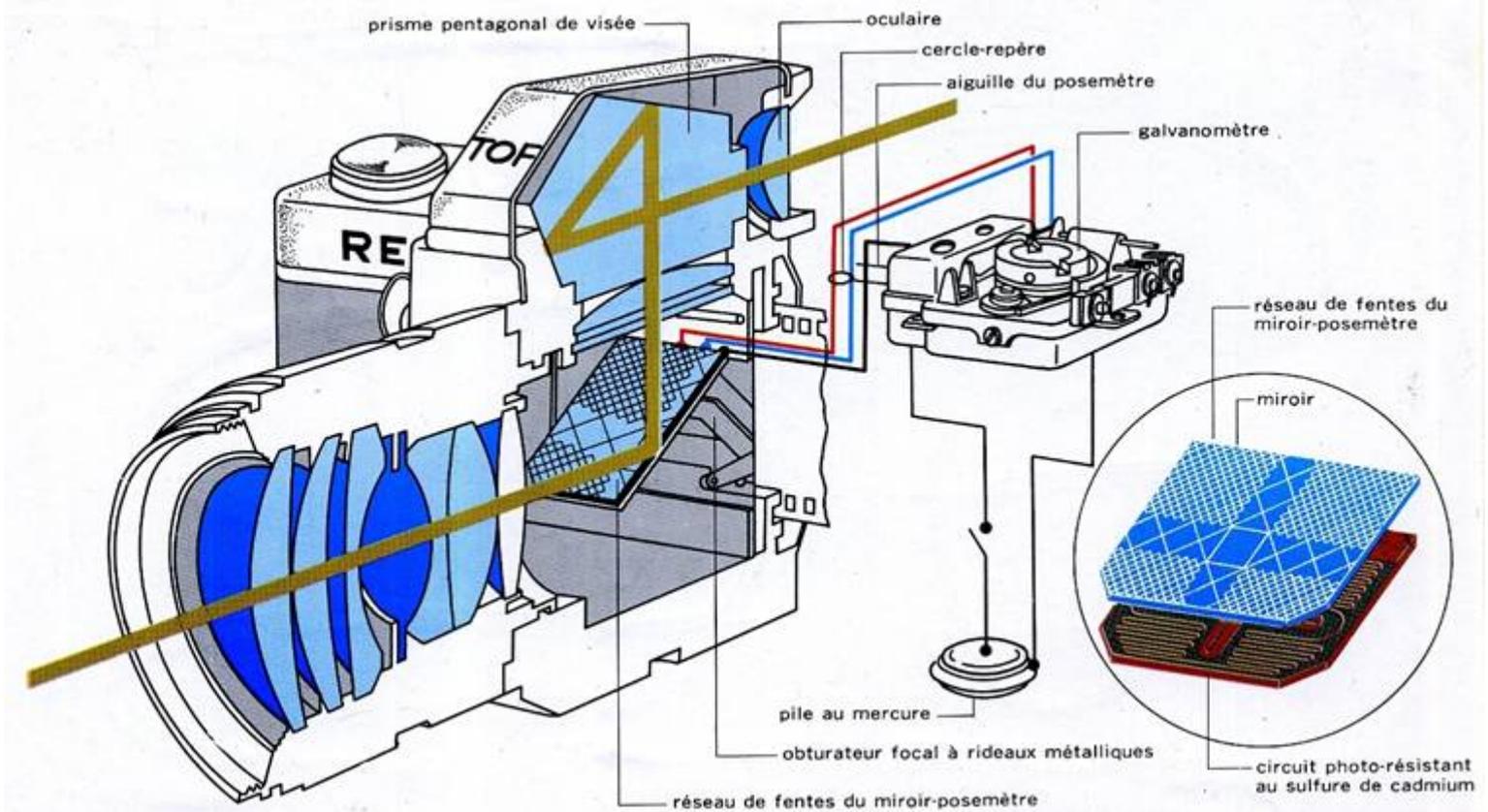


8. Deux cellules sont dirigées vers la face plane du bloc pentaprisme et lisent l'image en entier. Les cellules sont précédées d'un système convergent concentrant sur une petite surface, un maximum de rayons lumineux.

9. La cellule analyse directement la luminosité de toute la surface dépolie.

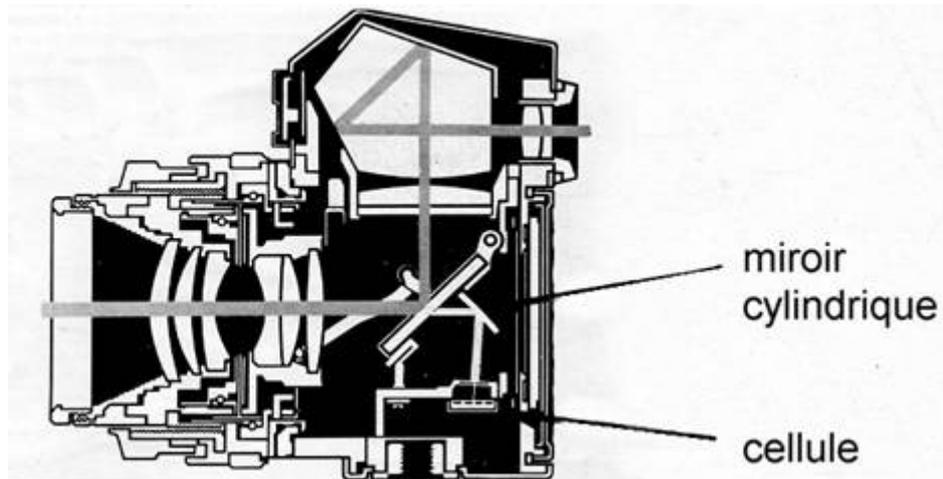
10. Les deux cellules sont logées sur le toit du bloc pentaprisme. Chaque cellule remplit un rôle bien déterminé. La cellule se trouvant à la partie frontale du prisme doit lire la partie supérieure de l'image, et la seconde le restant.





Exemple d'appareil
à cellule photoélectrique placée
sur le miroir à 45°

Une mention particulière doit être accordée au système adopté par ZEISS et LEITZ.



Dans le LEICAFLEX SL l'élément sensible est installé d'une façon très particulière. Le miroir éclair principal semi aluminisé laisse passer 20 % de l'énergie lumineuse en son centre. Derrière lui, un miroir cylindrique à axe horizontal réfléchit ces 20 % de lumière vers l'élément sensible placé dans la hase de l'appareil.

Cet élément sensible est profondément encastré dans une monture, elle même divisée par une cloison. Ce montage le protège de toute lumière diffuse éventuelle.

Le passage dans le miroir couvre le 1/6 de l'angle de champ, soit environ 7 mm sur le verre de visée. La surface mesurée est constante par rapport à la surface du cliché quelle que soit la focale de l'objectif utilisé.

Lors de la remontée du miroir principal, le miroir secondaire cylindrique, articulé indépendamment, vient se rabattre sur le dos du miroir principal.

Ce système fournit une mesure sélective et non pas « spot ».

-0-0-0-0-0-0-

D'après ce qui précède, nous voyons donc qu'il y a deux façons d'utiliser une cellule photoélectrique. On peut mesurer l'ensemble de l'image du sujet, ou faire la mesure sur une partie seulement du sujet.

Le premier système (mesure d'ensemble) est intéressant pour les sujets éclairés uniformément.

La mesure « spot » est intéressante pour les sujets à grand contraste car elle permet de choisir la luminosité de la zone principale de la photographie.

Pour profiter de ces deux possibilités, certains constructeurs montent deux groupes de cellules et l'opérateur, suivant les cas, choisit l'un ou l'autre système de mesure.

D'autres, préfèrent essayer d'atteindre l'automatisme intégral : le système C.L.C élimine automatiquement les hautes lumières pour les sujets à grands contrastes.

Exploitation de la mesure fournie par le posemètre

Les déviations de l'aiguille du galvanomètre doivent se traduire en fonction de la seule quantité de lumière arrivant sur la plaque photographique et de la sensibilité de l'émulsion par le couple de chiffres suivant :

- la valeur de l'ouverture relative du diaphragme
- la durée de l'exposition.

Il est évident qu'il est possible de constituer pour un appareil et un objectif donnés des tables qui indiqueraient un couple de chiffres ouverture-obturation pour une déviation de l'aiguille et une sensibilité du film quelconques.

Ce système est finalement celui des posemètres autonomes, où les tables sont remplacées par une petite règle à calcul simpliste, que ces posemètres soient fixés sur l'appareil ou non.

Malgré tout, la plupart des appareils actuels possèdent le couplage posemètre-obturateur-diaphragme, et l'affichage de l'exposition peut se faire de plusieurs façons.

1. Dispositifs mécaniques

Un premier dispositif mécanique consiste à avoir une aiguille suiveuse qui est en coïncidence avec l'aiguille du galvanomètre lorsque la valeur du diaphragme et la vitesse d'obturation sont correctes.

Cette aiguille est solidaire de l'axe relié au bouton qui règle la sensibilité du film utilisé.

Cet axe possède une liaison mobile avec l'axe creux qui l'entoure, axe du bouton de réglage du diaphragme.

De cette manière :

- la modification du diaphragme entraîne une rotation de l'aiguille suiveuse,
- le changement de sensibilité du film entraîne un déphasage entre l'axe du diaphragme et celui de l'aiguille suiveuse.

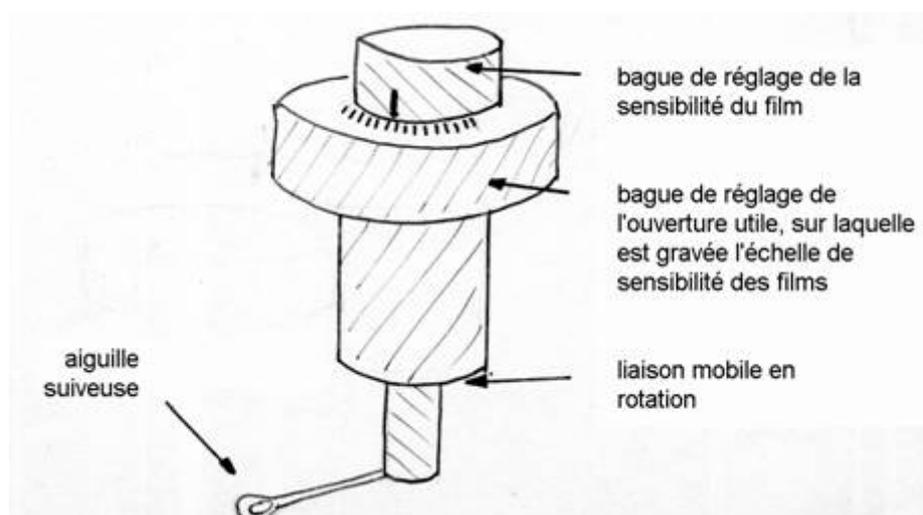
D'autre part, il faut que dans ce système, une variation de la vitesse d'obturation s'accompagne d'une variation correspondante de l'ouverture relative du diaphragme.

Il suffit pour cela, que lorsqu'une vitesse est affichée, la manoeuvre du diaphragme soit indépendante du réglage de l'obturateur pour pouvoir amener les deux aiguilles en coïncidence, mais que par contre, diaphragme et obturateur soient liés d'une façon adéquate en cas de manoeuvre de la bague d'affichage des vitesses.

On comprend l'intérêt des diaphragmes en progression géométrique de raison $\sqrt{2}$ et des vitesses en progression de raison 2. Doubler la vitesse correspond par exemple à diminuer de moitié le diamètre du diaphragme, donc à augmenter de $\sqrt{2}$ l'ouverture relative.

Ces dispositifs mécaniques, plus ou moins complexes, ont l'inconvénient d'être relativement volumineux et fragiles, étant donné le nombre de pièces qui doivent les constituer.

Souvent, aiguille du galvanomètre et aiguille suiveuse sont apparentes dans le viseur, ainsi que les chiffres du réglage affiché, pour simplifier la mise en batterie de l'appareil.



D'autres dispositifs mécaniques de réglage de l'exposition existent, mais ils constituent toujours des variantes de ce système primaire.

Ainsi dans certains appareils, les boutons de réglage de l'ouverture, des vitesses et de la sensibilité du film agissent directement sur le boîtier du galvanomètre qui est mobile en rotation. Il ne suffit plus alors que d'amener l'aiguille du galvanomètre sur un repère fixe pour réaliser une exposition correcte.

Des liaisons adéquates entre les différentes bagues de réglage doivent évidemment exister.

2. Dispositifs électroniques

Les dispositifs mécaniques avaient vu le jour avec la cellule au sélénium, l'apparition du Sulfure de Cadmium et la nécessité d'utiliser une pile pour la mesure du temps de l'exposition ont conduit à employer au maximum les possibilités du circuit électrique pour réaliser la détermination de l'exposition.

Il faut distinguer deux possibilités :

A. Mesure à pleine ouverture du diaphragme

Dans la mesure à pleine ouverture, chaque modification d'un facteur influant sur l'exposition se traduit par la disparition ou l'apparition d'une résistance électrique de valeur adéquate en série dans le circuit électrique du posemètre.

Ainsi, les boutons de réglage de la sensibilité du film, de l'ouverture utile et de la vitesse d'obturation agissent soit sur un commutateur (boîte à résistances), soit sur un potentiomètre (résistance variable).

B. Mesure à ouverture réelle

Lorsqu'il n'y a pas de présélection automatique, le diaphragme se trouve réellement à la valeur affichée pendant la visée.

La cellule qui reçoit la lumière passant à travers l'objectif (donc du diaphragme) enregistre donc l'exacte quantité de lumière qui va frapper la plaque photographique.

Seules les bagues de vitesse d'obturation et de sensibilité du film devront donc agir sur le circuit électrique du posemètre.

Certains appareils permettent, par simple basculement d'un levier d'effectuer la, mesure au choix de l'opérateur. Dans tous les cas, le réglage se fait par mise en coïncidence de l'aiguille du galvanomètre sur un repère fixe ou dans certains cas par l'allumage d'une micro-ampoule témoin.

Disons également, que dans certains appareils automatiques la cellule agit directement sur les lamelles du diaphragme ou sur l'obturateur (voir plus loin).

-0-0-0-0-0-0-

Les obturateurs

L'obturateur est la pièce maîtresse, au point de vue mécanique de l'appareil photographique, puisque c'est lui qui conditionne finalement l'admission de la lumière.

Suivant leur position et leur constitution on distingue :

- les obturateurs centraux,
- les obturateurs focaux.

Obturateurs centraux

Les obturateurs centraux sont placés théoriquement au centre optique de l'objectif.

Etant donné l'interchangeabilité des objectifs des appareils reflex, l'obturateur central des appareils qui l'utilisent encore est placé en réalité contre la dernière lentille de l'objectif.

Sur les appareils utilisant des objectifs à base permanente, l'obturateur est placé devant les quelques lentilles fixes, communes à tous les objectifs.

Ce type d'obturateur est composé d'une série de lamelles glissant les unes sur les autres.

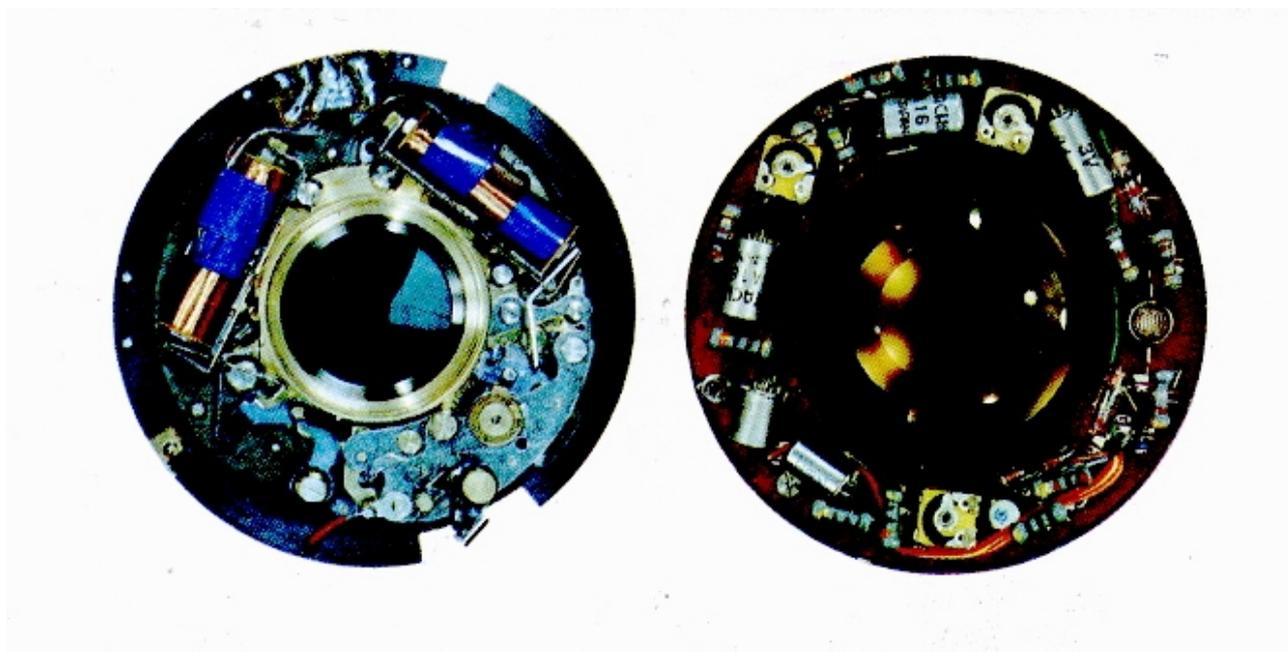
L'ouverture et la fermeture des lamelles des obturateurs centraux peuvent être commandées soit mécaniquement, soit électroniquement.

Le déclenchement des obturateurs mécaniques est assuré par une série de ressorts et de temporisateurs qui font s'écarter et se refermer brusquement les lamelles.

Le déclenchement des obturateurs électroniques est tout différent, lorsque l'on appuie sur le bouton de prise de vue, un électro-aimant provoque l'ouverture des lamelles de l'obturateur et un condensateur commence à se charger sous l'action d'une tension constante. Pour une charge donnée, un dispositif électronique

quelconque couplé éventuellement à un dispositif mécanique ou électromagnétique, provoque le rappel des lamelles.

Une batterie de condensateurs au tantale, un condensateur variable ou un condensateur et des résistances associés à un montage électronique simple remplaceront donc les nombreuses pièces métalliques de l'obturateur mécanique.



Obturateur électronique central

On comprendra donc les avantages nombreux de l'obturateur électronique, qui tend à remplacer maintenant totalement l'obturateur normal :

- augmentation de la temporisation,
- fidélité du temps de l'exposition ;

en effet, 5 tests consécutifs effectués avec un obturateur électronique, réglé au 1/125^e de seconde, ont donné à chaque fois 8,3 millièmes de seconde. Le même obturateur, réglé sur 32 secondes, a donné des vitesses variant de 32,37 à 32,49 secondes.

- robustesse,
- grand nombre de vitesses possible,
- rapidité de réaction.

Les obturateurs centraux donnent généralement des vitesses s'étalant de la pose B au 1/500^e de seconde.

Les obturateurs centraux ont l'avantage principal de pouvoir être synchronisés avec les flashes (électroniques ou magnésiques) quelle que soit la vitesse d'obturation.

Par contre, leur position interdit l'emploi des objectifs de courte focale et des bagues rallonges pour macrophotographie.

Au moment du déclenchement, il se produit en fait une série d'opérations aussi complexes que rapides :

- fermeture de l'obturateur qui est ouvert pour les besoins de la visée,
- fermeture du diaphragme à la valeur présélectionnée,
- remontée du miroir et du cache opaque de protection du film qui viennent masquer l'oculaire,
- fonctionnement de l'obturateur,
- remise en place du miroir et réouverture de l'obturateur pour les appareils à miroir éclair,

La gamme actuelle des appareils à obturateur central est extrêmement réduite.

Obturateurs focaux

Comme leur nom l'indique, les obturateurs focaux sont placés contre la surface sensible pratiquement dans le plan focal image de l'objectif.

L'obturation est réalisée par le déplacement d'une fente d'écartement variable, à vitesse de translation fixe. Cette fente est ménagée dans un rideau qui se déroule devant la plaque sensible.

Anciennement en toile caoutchoutée, les rideaux d'obturateur sont généralement en feuilles minces de titane et sont montés sur roulements à billes, ce qui leur assure une insensibilité à la chaleur. Leur translation se fait à la vitesse de 1/60^e de seconde ; elle est soit verticale, soit horizontale.

Un rapide calcul montre qu'une vitesse d'obturation de 1/1 000^e de seconde est obtenue pour une fente de 2,16 mm.

Les obturateurs à rideaux présentent deux inconvénients principaux :

- la photographie au flash ne peut se faire que lorsque toute la surface sensible est découverte par les rideaux, soit une fente de plus de 36 mm et une vitesse d'obturation de moins de 1/60^e de seconde.
- toutes les parties de l'image n'étant pas exposées au même instant, il se produit des déformations très fortes lors de la photographie de sujets se déplaçant latéralement à grande vitesse (ovalisation des roues de voiture par exemple).

Par contre les obturateurs focaux ont de gros avantages :

- robustesse,
- précision,
- grande vitesse d'obturation possible (1/3 000^e de seconde),
- aucune limitation à l'utilisation d'accessoires divers.

Anciennement et encore généralement mécanique, le dispositif de déclenchement de l'obturateur existe maintenant en version électronique.

Indiscutablement l'obturateur à rideaux métalliques commandé électroniquement est la solution d'avenir, car il représente le système le plus perfectionné à l'heure actuelle. Il peut en effet être branché directement sur le circuit électrique de la cellule, qui, en fonction du diaphragme présélectionné, commandera l'ouverture de l'obturateur pendant le temps rigoureusement nécessaire à la bonne exposition.

Conclusion

Tout va actuellement très vite : les progrès de l'électronique et la miniaturisation n'ont quasiment plus de limite et il est à prévoir des évolutions spectaculaires dans les années à venir, allant dans le sens d'une automatisation quasi-complète de la prise de vue et d'une qualité des résultats encore inconcevable à l'aube des années 1970

Principaux appareils Photographiques « Reflex »

Asahi Spotmatic

24 × 36 Reflex direct de forme compacte, vitesses 1 seconde à 1/1.000. Retardement incorporé; obturateur à rideaux; objectif totalement interchangeable à monture vissante normalisée (la même que celle des Contax F, Praktica, Edixa, Yashica, etc.). Prisme redresseur incorporé, mise au point sur verre dépoli avec pastille micropoint centrale. Cellule photo-électrique incorporée mesurant le temps de pose à l'aide de deux petites cellules situées de part et d'autre de l'oculaire et mesurant la luminosité du dépoli de visée. Ces cellules sont alimentées par une pile au mercure et couplées au bouton de vitesses. La mesure du temps de pose se fait en manœuvrant un interrupteur qui met la cellule en circuit tout en éliminant la présélection du diaphragme : il suffit alors de tourner la bague des diaphragmes jusqu'à ce que l'aiguille visible dans le viseur vienne en face de son repère. Cet appareil est souvent équipé d'un objectif SuperTakumar 1:1,4 F 50 mm.
Prix Tarif : 2.087,00.



Canon Pellix QL

Dans ce modèle muni d'un obturateur à rideaux 1 s à 1/1.000, le miroir basculant est remplacé par une pellicule semi-réfléchissante, renvoyant 30 % de la lumière vers le viseur, ce qui réduit la luminosité utile de l'objectif de F : 1,4 à F : 1,8, mais qui par contre, élimine radicalement tout risque de secousse due à la remontée du miroir.

La cellule vient mesurer la lumière en se plaçant dans le plan focal, juste devant le rideau de l'obturateur. Livré avec l'objectif 1 : 1,4/50.

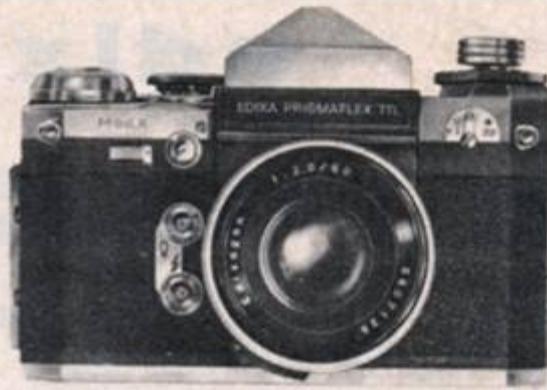
Prix Tarif : 2.288,00.



Canon FT QL

Dernier modèle en date de cette marque. Appareil reflex direct doté d'un miroir reflex basculant. Obturateur à rideaux 1 s à 1/1.000. La cellule couplée à l'obturateur ne mesure que la partie centrale du sujet et elle est totalement indépendante des lumières parasites entrant par l'oculaire.

Avec objectif 1 : 1,4/50. Prix Tarif : 1.967,00. Cet appareil peut recevoir un amplificateur de cellule (Booster) permettant de mesurer les lumières les plus faibles. Prix Tarif : 357,00.



Edixa à prisme redresseur

Ces appareils équipés d'un prisme redresseur monté à demeure, comportent aussi un verre de visée télémétrique. Bien qu'un peu plus cher à l'achat, ils sont directement prêts pour un usage normal.

Edixa Prismaflex

Obturbateur 1/30 à 1/1000 - sans objectif.
Prix Tarif : 473,00.

Edixa Prismaflex LTL

Nouveau modèle. Version du Prismaflex possédant la lecture de l'aiguille dans le viseur, avec obturbateur 1 s à 1/1000.

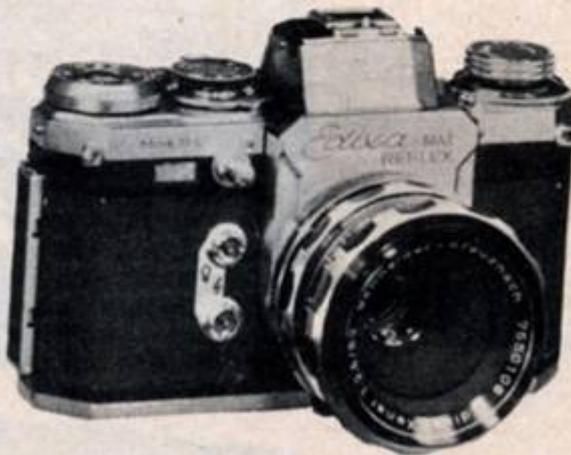
Prix Tarif : 906,00.

Edixa Prismaflex LTL

Nouveau modèle de la gamme. Equipé d'une cellule montée dans le prisme mesurant seulement la lumière qui traverse l'objectif. Le temps de pose est ainsi déterminé avec la plus haute précision, même dans le cas d'emploi d'un téléobjectif ou dans le cas de photographie à très courte distance. Il est tenu compte automatiquement de la correction due à l'emploi des filtres.

Obturbateur 1/30 sec à 1/1000 - sans objectif.

Prix Tarif : 748,00.



Edixa à viseur interchangeable

C'est une formule très intéressante, car elle permet d'acquérir l'appareil équipé d'un viseur reflex à hauteur de poitrine idéal pour le travail de reproduction, et moins onéreuse. Evidemment, ces viseurs sont remplaçables instantanément par un prisme redresseur ou même par le nouveau prisme à cellule incorporée fabriqué par Schacht. Les verres de visée sont également interchangeables. Les modèles de cette gamme sont :

Edixa Flex

Obturbateur 1/30 à 1/1000 sans objectif.
Prix Tarif : 390,00.

Edixa Mat D

Obturbateur 1 sec à 1/1000 - Retardement sans objectif.
Prix Tarif : 712,00.

Ces prix s'entendent pour des boîtiers équipés d'un viseur capuchon avec loupe.

Prisme redresseur se montant à la place du viseur capuchon.
Prix Tarif : 182,00.



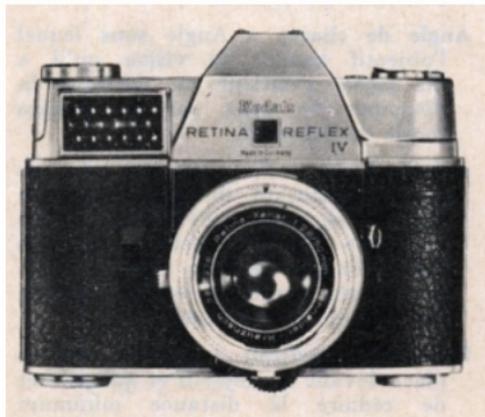
Exakta VX 1000

Instrument de travail idéal des spécialistes et des amateurs avertis, l'Exakta VX 1000 est le prolongement de l'Exakta bien connu né il y a trente ans. Sa forme est étudiée pour assurer une meilleure maniabilité. Le levier d'armement à course réduite augmente la rapidité de manœuvre. Miroir à retour instantané avec signal rouge de non-armement. Obturateur à rideau, dont l'armement est couplé à l'avancement du film, va du 1/30 au 1/1.000 de seconde. Vitesses lentes à armement indépendant de 1/8 à 12 secondes toutes gravées en progression géométrique. Retardement applicable de 6 s au 1/1.000 de seconde. Viseurs amovibles à lentille de champ interchangeable : lentille de Fresnel à pastille téléométrique, verres dépolis, reticulés à cercle clair, quadrillé. Et enfin, un prisme à cellule CdS mesurant la lumière au travers de l'objectif.

Exakta capuchon, lentille dépolie unie avec Domiplan 2,8/50. Prix Tarif : 1.031,00

Exakta prisme, lentille de Fresnel avec lena T 2,8/50. Prix Tarif : 1.435,00

Exakta prisme TRAVEMAT et lentille de Fresnel avec PANCOLAR 2/50. Prix Tarif : 1.850,00



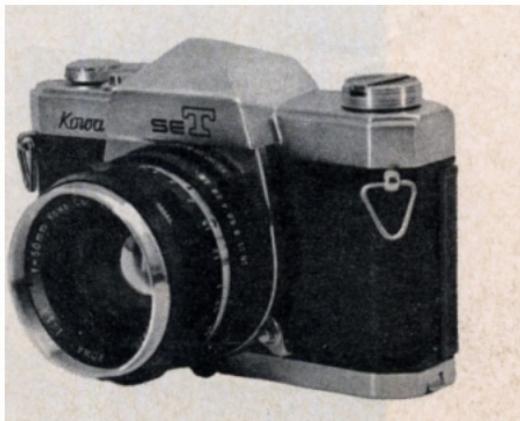
Retina Reflex IV

Cet appareil comporte un obturateur Synchro-Compur donnant les vitesses de la seconde au 1/500, retardement incorporé. Cet obturateur est couplé à une cellule photo-électrique, le contrôle du parfait réglage de l'exposition peut se faire soit sur le dessus de l'appareil, soit à l'intérieur du viseur.

Une modification optique du viseur permet, sur ce nouveau modèle, de lire dans le viseur le réglage des vitesses d'obturation et du diaphragme choisis. Synchronisation X avec prise standard sur le boîtier de l'appareil et contact dans la griffe porte-accessoires. Compteur à remise à zéro automatique. Cet appareil peut être livré avec l'un des deux objectifs :

Xenar 1:1,9 F 50. Prix Tarif : 1 463,00

Xenar 1:2,8 F 50. Prix Tarif : 1 317,00.



Kowa Set

C'est l'appareil dont le rapport qualité-prix est certainement le meilleur dans la gamme des reflex modernes. Il possède la visée reflex à travers un prisme en toit, la mise au point se fait sur un dépoli « micropoints » permettant d'obtenir des images d'un piqué exceptionnel, deux cellules CdS placées derrière l'objectif assurent un réglage précis du diaphragme, grâce à une aiguille placée dans le viseur ; l'objectif est un f : 1,8 à six lentilles, de très haute définition, deux objectifs complémentaires se vissant à l'avant de l'objectif permettant d'obtenir un Télé de 86 mm ou un grand angle de 36 mm, l'obturateur métallique central est à dix vitesses : 1 seconde au 1/500 plus B, il possède un retardement et la synchronisation M et X permet d'aller jusqu'au 1/500 avec un flash magnésium ou électronique ; le diaphragme à présélection automatique permet la mise au point et la visée en pleine luminosité, le miroir est du type « retour éclair », le film s'accroche par un dispositif semi-automatique sur la bobine réceptrice. Il possède en outre les avantages des appareils modernes : armement et réembobinage rapide, compteur avec retour automatique à zéro. Le déclenchement est particulièrement doux.

Il existe deux versions : chromé ou noir.

Avec sac et griffe Prix Tarif : 850,00

Complément grand angle 36 mm pour SET.

Prix Tarif : 260,00

Complément Télé 86 mm pour SET.

Prix Tarif : 260,00

Tube micro, pour photographier à travers un microscope. Prix Tarif : 100,00

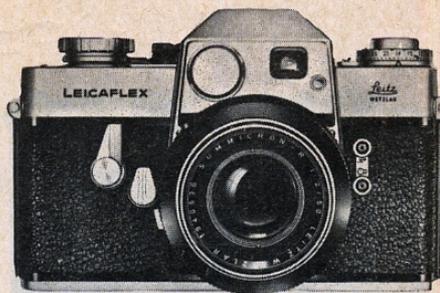
Leicaflex

Le Leicaflex est un appareil reflex à miroir, du format 24 x 36 mm, à objectifs interchangeables, présélection de diaphragme et cellule photo-résistante incorporée. Son miroir escamotable d'un type nouveau, qui fonctionne sans le moindre à-coup, est couplé à l'obturateur focal et au diaphragme pré réglé. Cet appareil permet à l'utilisateur de choisir à son gré toute combinaison de diaphragme et de temps de pose. Toutes les valeurs du temps de pose (de 1 seconde à 1/2 000 de seconde) s'inscrivent dans le viseur. Les flashes électroniques sont synchronisés au 1/100 de seconde.

Il faut souligner particulièrement à quel point l'image apparaît claire, lumineuse et brillante dans le viseur, avec sa plage centrale à micro-prismes permettant d'effectuer la mise au point rapidement et avec une grande précision. Il est normalement équipé du Summicron R 1 : 2 F 50 mm.

Prix Tarif, sans objectif : **2.000,00.**

Prix Tarif avec summicron R 1 : 2 F 50 : **2.874,00.**



Le Minolta SRT 101 est un reflex direct doté d'un système original de mesure de l'exposition au travers de l'objectif. Deux cellules CdS placées sur la face supérieure du prisme mesurent chacune la brillance d'une partie du sujet. Mais ces deux cellules font l'objet d'un montage électrique spécial dit CLC (Contrast Light Compensator) qui a pour but d'apporter une correction automatique de mesure dans le cas de sujet très contrasté décelé par une différence de débit entre les deux cellules.

D'autre part, la mesure de l'exposition se fait le diaphragme grand ouvert et la correction due à l'ouverture maximum de l'objectif est automatique avec les objectifs de la série MC. Pour les autres objectifs la mesure de l'exposition se fait en fermant le diaphragme.

Dans tous les cas, l'obturateur est couplé avec la cellule. Ce double système de mesure est particulièrement intéressant car il allie la rapidité et l'universalité d'emploi.

A ces particularités, s'ajoutent les caractéristiques générales. Obturateur à rideaux 1 sec. au 1/1000. Miroir éclair de grande dimension. Armement par levier. Vitesses lisibles dans le viseur. Mise au point sur microprismes. Présentation luxueuse et soignée.

Avec objectif 1,4 F 58. Prix Tarif : **2.081,00.**
Avec objectif 1,7 F 55. Prix Tarif : **1.848,00.**
Boîtier nu avec sac. Prix Tarif : **1.350,00.**

Nikkormat TN

Disons tout de suite qu'il reçoit les mêmes objectifs et les mêmes accessoires que le Nikon F. Il comporte un système de cellules photo-résistantes mesurant la lumière à travers l'objectif qui est couplé avec l'obturateur d'une part et avec le diaphragme des objectifs d'autre part. Son prisme de visée est fixe et son verre de visée est une lentille de Fresnel avec couronne centrale dépolie et une zone centrale en microprismes.

L'obturateur est un obturateur métallique situé dans le plan focal donnant les vitesses de 1 seconde au 1/1000. La mesure du temps de pose se fait l'objectif restant à pleine ouverture, mais il est possible avec les objectifs non munis du couplage de cellule de faire la mesure en diaphragmant l'objectif. Il est livré avec griffe porte-accessoires.

Sans objectif. Prix Tarif : **1.414,00**
Se fait aussi avec boîtier noir. Sans objectif
Prix Tarif : **1.465,00**

Le nouveau modèle Nikon T.N. comporte un dispositif permettant de corriger la cellule en fonction de l'ouverture maximum des objectifs sans qu'il soit besoin de toucher au bouton de réglage de la sensibilité du film.





NIKON

Le boîtier

C'est la pièce de base de l'appareil sur laquelle viennent se fixer les différents accessoires ; il comporte un obturateur à rideaux allant de la seconde au 1/1000, un miroir éclair à retour instantané pouvant être escamoté, un système de commande de la présélection automatique du diaphragme des objectifs, pouvant lui aussi être débrayé afin de contrôler la profondeur de champ. Ces boîtiers se font en deux versions, chromés ou entièrement noirs, les modèles noirs pouvant recevoir directement les moteurs d'avancement du film, tandis que les modèles chromés demandent une modification. Ce boîtier est prévu pour fonctionner parfaitement sous des températures extrêmes et son endurance est grande, robuste à toute épreuve.

Boîtier chromé nu. Prix Tarif : **1.351,00.**
Boîtier noir nu. Prix Tarif : **1.466,00.**

Les viseurs

Trois sortes de viseur sont disponibles pour l'appareil Nikon :

1° **Viseur de poitrine** : avec loupe grossissante utilisée principalement pour les travaux de reproduction et microphotographie.

Prix Tarif : **112,00.**

2° **Prisme redresseur Nikon F** : c'est un prisme redresseur classique dont l'emploi est recommandé pour l'usage général.

Prix Tarif : **276,00.**

3° **Prisme Photomic Tn** : le prisme photomic est la combinaison d'un prisme redresseur classique et d'une cellule photoélectrique.

Sur ce modèle de viseurs la cellule est incorporée à l'intérieur du prisme et elle mesure la lumière reçue par le dépôt.

Elle est couplée d'une part au bouton des vitesses et d'autre part à la bague de diaphragme de l'objectif.

Dans le prisme TN la mesure du centre de l'image est prédominante. Prix Tarif : **728,00.**

Praktika mat

Reflex direct de classe exceptionnelle, équipé d'une cellule photo résistante mesurant la lumière au travers de l'objectif de prise de vues. La position de cette cellule est originale et astucieuse. Elle est située entre le verre de visée et le prisme redresseur, et elle reçoit la lumière du sujet grâce à une lame semi-réfléchissante à 45°. Elle est ainsi parfaitement insensible à l'action des rayons parasites entrant par l'oculaire du viseur.

Les caractéristiques mécaniques de l'appareil sont sensiblement les mêmes que celles du modèle Nova, mais l'obturateur va de 1 seconde à 1/1000. Les objectifs sont également à monture vissante normalisée. L'appareil est livrable avec :

Sans objectif. Prix Tarif : **1.117,00.**
Iéna T : 2,8 F 50. Prix Tarif : **1.518,00.**
Pancolar 1 : 2 F 50. Prix Tarif : **1.600,00.**
Oreston 1 : 1,8 F 50. Prix Tarif : **1.633,00.**
(Mise au point jusqu'à 33 cm.)



Olympus Pen FT

Nombreux sont ceux qui considèrent que cet appareil ouvre un nouveau chapitre de la photo, car c'est le premier appareil reflex direct format 18 x 24. Ce format permet de réaliser dans un volume des plus réduits un appareil des plus complets. C'est un appareil reflex direct avec viseur à redressement total incorporé. Normalement livré avec objectif Zuiko 1,8 F 38 à présélection automatique, totalement interchangeable. L'obturateur situé dans le plan focal est métallique et comporte les vitesses de la seconde au 1/500. Miroir éclair et bouton pour éliminer la présélection automatique et contrôler la profondeur de champ. La mesure du temps de pose est assurée par une cellule photoélectrique CdS située derrière l'objectif. Olympus Pen FT avec objectif 1,8 F 38 et sac TP.

Prix Tarif : **1.228,00.**

Ce modèle se fait également sans cellule. Prix Tarif : **1.061,00.**

Une très belle gamme d'objectifs est livrable pour ces appareils :

Zuiko 1 : 4 F 25 grand angulaire. Prix Tarif : **513,00.**

Zuiko 1 : 3,5 F 100 téléobjectif. Prix Tarif : **649,00.**

Télé-Zoom 1 : 3,5 F 50 à 90 d'encombrement réduit. Prix Tarif : **1.202,00.**

Télé-Zoom 1 : 5 F 100 à 200. Prix Tarif : **1.457,00.**





1° Le boîtier

Obturbateur à rideau 1/2 seconde au 1/1 000. Pose B et retardement. Miroir éclair à retour instantané. Compte à remise à zéro automatique. Armement par levier. Monture des objectifs à baïonnette.

2° Verres de visée

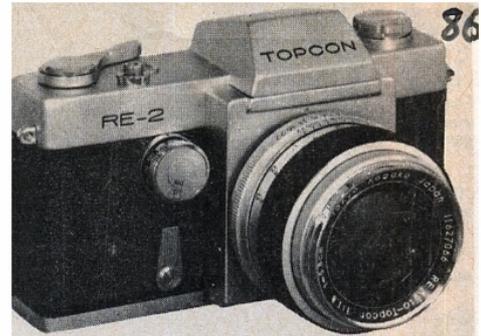
Les verres de visée sont interchangeables. Ils sont de trois sortes :

- verre dépoli avec stignomètre ;
- lentille de Fresnel avec anneau à trame fine ;
- verre clair à double réticule.

3° Les systèmes de visée

L'Icarex peut recevoir trois systèmes de visée :

- un viseur capuchon avec loupe grossissante, particulièrement économique, et très utile pour la macro-photo.
Prix Tarif : **59,00**
- Prisme ordinaire. Viseur prismatique classique donnant une image entièrement redressée.
Prix Tarif : **204,00**
- Prisme avec cellule. Nouveauté de l'année 1968. Ce prisme redresseur comporte une cellule CdS incorporée qui mesure la luminosité du sujet à travers l'objectif de la prise de vue. L'aiguille du galvanomètre incorporé n'est visible que dans le viseur. Il suffit de placer ce nouveau prisme cellule sur un Icarex pour le transformer en Reflex Direct du type T.T.L. Viseur prismatique avec cellule.
Prix Tarif : **436,00**



Topcon RE Super

Équipé d'un obturbateur focal à rideaux 1 s au 1/1.000. Retardement. Avec prisme redresseur amovible. Verre de visée interchangeable. Remise à zéro du compteur automatique. Ce modèle peut recevoir des accessoires comme le moteur électrique et leur magasin, 250 vues. Avec objectif 1 : 1,4 F 58. Prix Tarif : **2.296,00**. Avec objectif 1 : 1,8 F 58. Prix Tarif : **1.932,00**. Boîtier sans objectif avec sac. Prix Tarif : **1.380,00**.

Topcon RE 2

Équipé d'un obturbateur focal métallique 1 s au 1/1.000 avec synchronisation flash électronique au 1/125. Retardement. Prisme redresseur monté à demeure. Verre dépoli avec microprisme au centre. Remise à zéro du compteur automatique. Avec objectif 1 : 1,4 F 58. Prix Tarif : **1.694,00**. Avec objectif 1 : 1,8 F 58. Prix Tarif : **1.473,00**. Boîtier sans objectif avec sac T.P. Prix Tarif : **932,00**.

Contarex S

Appareil reflex mono-objectif 24 × 36, posemètre au CdS sur le trajet optique des objectifs interchangeables, couplage intégral avec les temps d'exposition et les ouvertures relatives ; la mesure de l'éclairement sur un champ restreint permet d'axer celle-ci sur des zones bien définies du sujet. L'aiguille du posemètre apparaît à la fois dans le viseur et dans un voyant situé sur le boîtier, amplitude de mesure très grande (à 21 DIN/100 ASA et avec le diaphragme 1 : 1,4 jusqu'à 1 sec.). Sensibilités depuis 9 DIN jusqu'à 33 DIN ou de 6 à 1 600 ASA, centrale de contrôle dans le viseur réflex pour tous les réglages. Obturbateur à rideaux, monture à baïonnette à échange rapide et autres avantages comme pour le CONTAREX P.

- Avec Zeiss Tessar 1 : 2,8/50 mm. Prix Tarif : **3 500,00**
- Avec Zeiss B Planar 1 : 2/50 mm. Prix Tarif : **4 207,00**
- Avec Zeiss Planar 1 : 1,4/55 mm. Prix Tarif : **4 575,00**
- Sans objectif Prix Tarif : **3 015,00**

