

# voulez-vous savoir ?

## CELLULE:

ALFRED HAAS

Faute de pouvoir **mesurer** la quantité de lumière reçue par l'émulsion sensible, les photographes ont longtemps dû l'estimer d'après leur expérience passée pour réaliser une exposition correctement dosée. On connaissait cependant déjà des **photomètres à disparition** spécialement créés pour la photographie, tels que ce Lios-Scop que nous avons retrouvé. C'est une lunette munie d'un oculaire que l'on pointe sur la scène à photographier. Au bout se trouve une « matrice » de  $4 \times 4$  chiffres, les temps de pose allant de  $1/250$  s à 4 mn. Il faut regarder pendant au moins 10 s (en fermant bien entendu l'autre œil) pour voir se détacher dans le noir d'abord les temps les plus longs, puis d'autres de proche en proche. On retient le temps le plus court déchiffré, soit par exemple  $1/4$  s. Il faut alors poser  $1/4$  s avec un diaphragme  $f/6,3$  pour un film dit « ultra-rapide » tel que Kodak Verichrome ou Lumière Lumichrome qui « fait » 1300° H et D ou 23° Scheiner, ce qui correspond à 32 ASA ou 16/10 DIN. (La sensibilité « normale » était alors de 17° Schei-

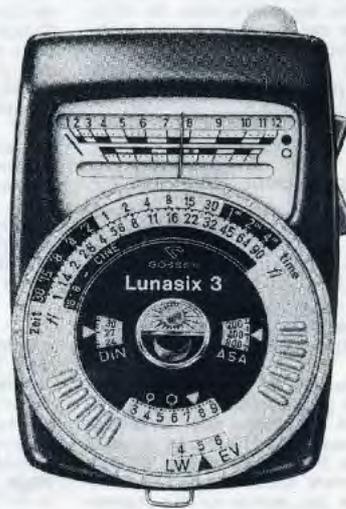


Le Lios-Scop

Le Contax III de Zeiss avec sa cellule  
(le volet pour la réception de la lumière est baissé)



Deux cellules « professionnelles »  
La Weston master V  
et la Lunasix 3



# du Sélénium au Silicium

ner = 8 ASA.) Une bague imprimée tournant sur la lunette servait de calculateur de pose pour déterminer des vitesses ou diaphragmes différents.

On vendait aussi des **tables de pose** comme celles données sur les notices accompagnant les pellicules, mais s'appliquant à des situations d'éclairage très nombreuses. Or, si l'éclairage d'une plage ensoleillée en milieu de journée est à peu près toujours le même, la luminosité d'une scène à l'ombre — et bien plus encore dans un intérieur — défie toute appréciation quantitative verbale.

La mesure rapide et précise de la lumière réfléchie par l'objet au moyen d'un **posemètre à cellule** (photo-électrique) a donc constitué un progrès considérable dans les années 30, et le photographe s'est habitué à avoir toujours sa cellule sur lui, tout comme le fumeur son briquet. Il semble que Zeiss ait songé le premier à incorporer ce posemètre-accessoire dans un appareil 24 x 36 à télémètre couplé, le Contax III. Cette cellule **n'était pas couplée** : il fallait lire le cadran comme sur un pose-

mètre normal et reporter les indications sur les réglages de l'appareil photo. Cette séparation des fonctions est aujourd'hui en voie de disparition : la cellule est couplée, et même intégrée au fonctionnement du reflex. A partir du signal électrique de la cellule et en tenant compte de la sensibilité de la pellicule, le circuit photométrique élabore l'**indice de luminosité** (IL) qui détermine le temps de pose lorsqu'on choisit le diaphragme, et vice versa. (Si les appareils petit format sont aujourd'hui tous équipés de cellules, les professionnels utilisant les appareils de moyen et grand formats dans l'ambiance de studio se servent de posemètres séparés, flashmètres et autres instrument spéciaux.)

Les premières cellules photo-électriques réalisées pour la photographie étaient des cellules au **sélénium** (symbole chimique Se) ; en raison de leur robustesse et de leurs réalisations et utilisations économiques (pas de pile), on en construit encore maintenant.

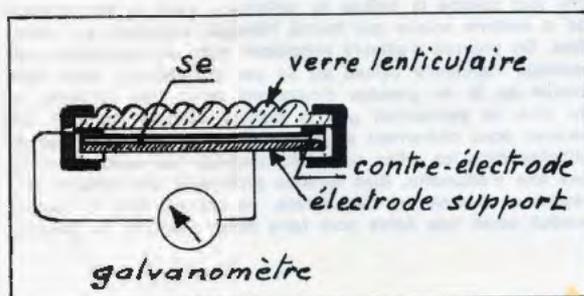
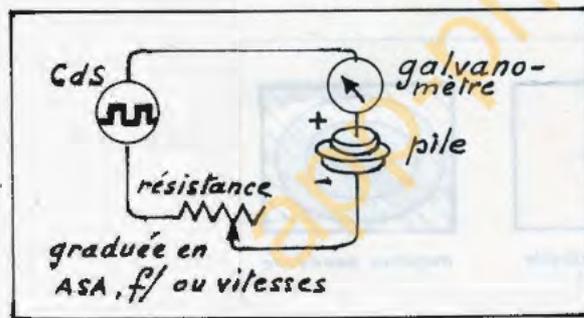


Fig. 1

Fig. 2



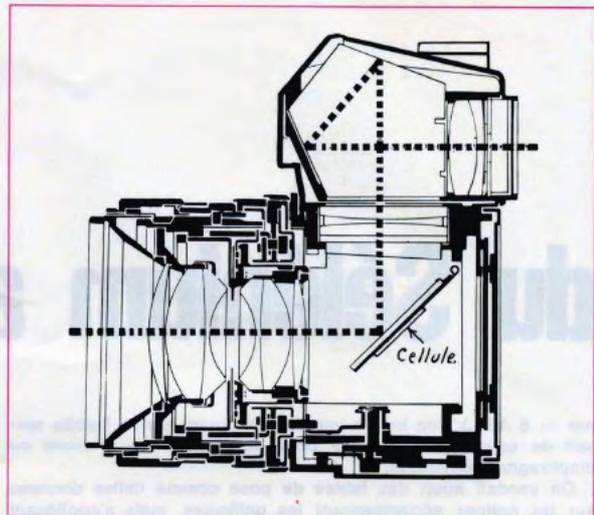
La **Figure 1** montre une telle cellule en coupe. Sur un support métallique servant aussi d'électrode est déposée une couche de sélénium. Le bord métallisé de cette couche sert de deuxième électrode. Le tout est recouvert d'un verre en quelque sorte gaufré présentant des rangées de bossages lenticulaires qui ont pour effet de donner à l'angle d'ouverture de la cellule l'allure approximative de l'angle de champ de l'objectif. C'est ce verre gaufré de surface relativement grande (environ 6 cm<sup>2</sup>) qui caractérise la cellule au sélénium. C'est une photopile, elle produit un courant d'autant plus grand que son illumination est plus intense, et ce courant fait dévier directement le galvanomètre-**posemètre**. Le circuit électrique est donc extrêmement simple, et aucune pile n'est nécessaire, ce qui élimine une cause d'ennuis. Mais il est évident que l'énergie qui fait bouger l'aiguille du galvanomètre provient du seul rayonnement lumineux tombant sur la surface de sélénium — encore en faut-il quelque cent fois plus au départ en raison du « rendement » très faible (environ 1%) de la cellule au Se. On a beau augmenter la surface de la cellule pour capter le plus possible de rayons, le courant devient insuffisant aux faibles niveaux d'éclairage, autrement dit, la sensibilité de la cellule est limitée. (Il est vrai qu'avec des ouvertures de l'ordre de f/2,8 habituelles il y a 25 ans et les émulsions de l'époque, cette sensibilité était bien suffisante.)

Par opposition à la photopile au Se qu'elle a supplantée, la cellule au **sulfure de cadmium** (symbole CdS) est photoconductrice (ou photorésistante, ce qui est la même chose) : sa résistance, très élevée dans l'obscurité, diminue à peu près proportionnellement à l'intensité de la lumière incidente. Comme la résistance est une propriété passive, il faut inclure une source de tension (une pile) dans le circuit pour que se manifestent ses variations (**Fig. 2**). Bien que l'emploi d'une pile exige un minimum d'attention et de soin, nous y gagnons au point de vue

énergétique, car la puissance nécessaire au fonctionnement du galvanomètre ou de toute autre charge sera fournie par la pile, la cellule recevant la lumière à mesurer n'ayant plus qu'un rôle de dosage de cette puissance. On conçoit donc que la cellule CdS ait une sensibilité élevée, ce qui signifie que son fonctionnement s'étend aux faibles niveaux d'éclairement (« available light », la lumière disponible). La puissance commandée peut être relativement importante ; dans les caméras super 8, une cellule CdS incorporée commande directement le mécanisme électromagnétique actionnant le diaphragme en vue d'assurer une exposition toujours correcte.

Par ailleurs, l'ample puissance disponible a permis d'adjoindre à la cellule CdS des circuits de plus en plus compliqués permettant d'introduire sous forme de variations de résistance des paramètres d'exposition tels que le diaphragme, le temps de pose et la sensibilité de la pellicule, transformant ainsi le simple luxmètre en posemètre-calculateur intégré, et même, dans les reflex automatiques, en commande automatique de diaphragme ou de temps de pose.

Autre innovation importante : la **mesure derrière l'objectif** (TTL = through the lens), rendue possible par la grande sensibilité et la petite taille (de l'ordre du petit pois) de la cellule CdS. Certains constructeurs (Topcon, Miranda) utilisent cependant une ou plusieurs cellules planes disposées au dos du miroir, rendu semi-transparent pour transmettre à la cellule une partie de la lumière traversant l'objectif. La cellule derrière l'objectif a le grand avantage par rapport à d'autres dispositions de tenir compte de la lumière absorbée par l'objectif, un filtre et un allongement de tirage, par un soufflet par exemple. Mieux qu'une autre, elle « voit » la scène photographiée. Et là aussi, la cellule CdS a permis un raffinement impossible avec le sélénium, portant sur la région d'image mesurée. Si la cellule « voit » toute la scène, elle mesure la luminance **moyenne**, ce qui permet d'opérer rapidement et donne des pellicules correctement exposées dans la grande majorité des cas. Mais la cellule peut aussi mesurer la luminance d'une petite région, centrale ou décentrée, de l'image, repérée sur le verre de visée ; c'est une mesure **ponctuelle** ou **spot**, un peu plus lente, mais très précise pour le point effectivement mesuré. Pour laisser le choix de la méthode à l'utilisateur, plusieurs reflex sont pourvus d'un commutateur valeur moyenne (average) — spot. Enfin, des marques comme Nikon, Minolta et Konica utilisent un système intermédiaire de **mesure pondérée** dans lequel la (ou les) cellule(s) « vo(en)t » toute la scène, en donnant toutefois une forte pré-

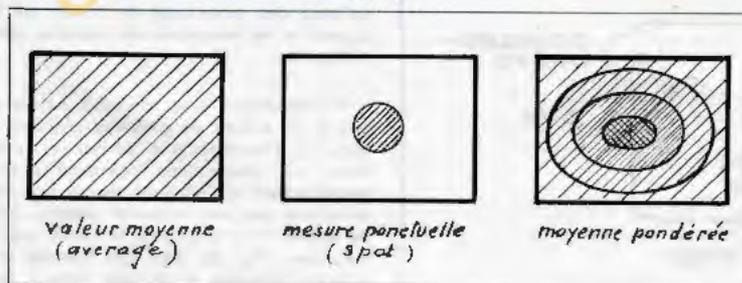


Sur les appareils Miranda, les cellules CdS sont montées au dos du miroir rendu semi-transparent.

pondérance à la région centrale. Ce système est rapide et pratiquement très satisfaisant. La **Figure 3** illustre ces trois types de mesure, la densité des hachures indiquant l'importance relative donnée à une région pour la cellule.

Plus récemment, la cellule au **silicium** (symbole Si) tend à détrôner la photorésistance au CdS, tout au moins dans les reflex à obturateur à commande électronique. Bien que d'une structure différente et beaucoup plus élaborée, c'est une photopile tout comme la cellule au sélénium ; c'est en fait la sœur de la batterie solaire qui fournit l'énergie électrique aux satellites. On pourrait d'ailleurs remplacer, avec un rendement bien meilleur, l'ancienne cellule au Se par du silicium ; mais cette cellule au Si de grandes dimensions serait très coûteuse, et de plus ne permettrait pas la mesure derrière l'objectif. On paierait donc chèrement un pas en arrière. Les cellules au Si utilisées dans les reflex sont donc toujours très petites, comme une tête d'allumette. Bien qu'elles produisent une tension, leur résistance interne est très élevée, ce qui fait que le courant produit serait trop faible pour faire dévier l'aiguille du galvano-

Fig. 3



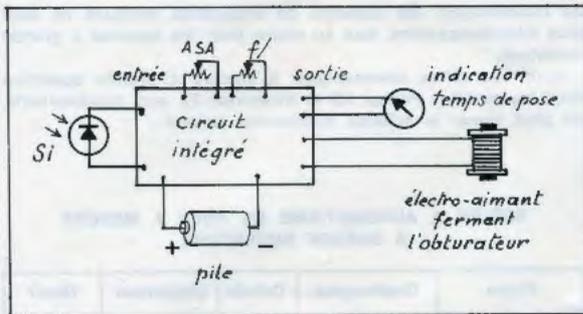
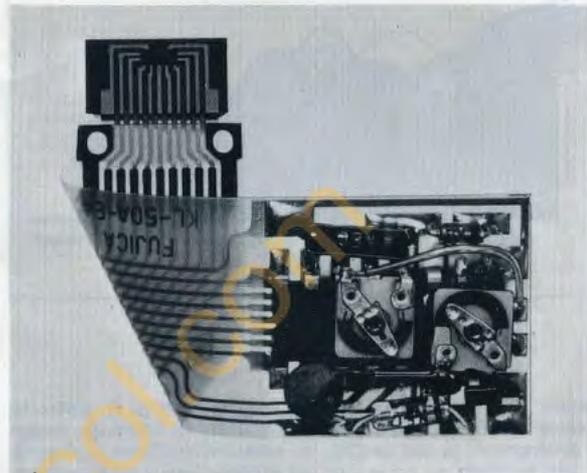


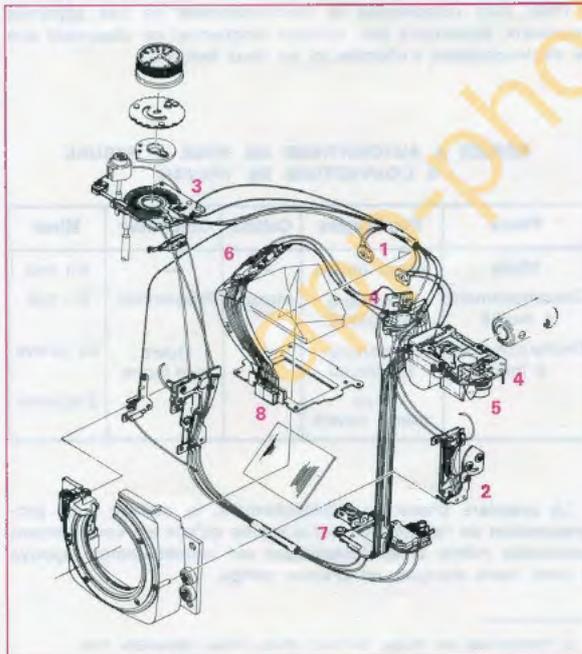
Fig. 4

mètre (par exemple). On branche donc la cellule sur un **circuit intégré** du type MOS à très grande résistance d'entrée qui amplifie l'énergie recueillie et la porte à un niveau utilisable. Il faut savoir qu'en dépit de sa petitesse (quelques mm<sup>2</sup>), un circuit intégré peut contenir des centaines de transistors agencés économiquement par des procédés photographiques, ce qui fait qu'on peut réaliser — pratiquement pour rien — de nombreuses fonctions. Plutôt que de commander par le circuit intégré un simple galvanomètre — ce qu'une cellule CdS ferait plus économiquement — on s'en sert généralement pour calculer le temps de pose correspondant aux différents paramètres (lumination, diaphragme, sensibilité de l'émulsion) et pour réaliser ce temps en libérant au bon moment le rideau de fermeture de l'obturateur en interrompant le courant dans un petit électro-aimant (Fig. 4). Le galvanomètre subsiste alors comme simple indicateur de la vitesse choisie par la commande automatique ; mais suivant une tendance récente, le galvanomètre peut être remplacé par un dispositif d'affichage de chiffres par diodes lumineuses (Fujica), plus robuste et visible même dans l'obscurité.



En haut : Cellule au silicium (Si)

Ci-dessous : Circuit logique intégré LSI et affichage digital LED sur circuit imprimé souple (Fujica ST 901)



SYSTÈME D'EXPOSITION AUTOMATIQUE  
DU FUJICA ST 901

- 1 - Cellules bleues au silicium
- 2 - Diaphragme
- 3 - Sensibilité ASA
- 4 - Computer
- 5 - Comparsateur
- 6 - Circuit logique intégré LSI
- 7 - Electro-aimant
- 8 - Affichage digital LED

Tandis que la caractéristique de fonctionnement de la cellule au CdS n'est droite qu'approximativement, celle de la cellule CdS est rigoureusement linéaire et assure donc des mesures très précises. Du fait de l'amplification possible on obtient une sensibilité de mesure élevée : des temps de pose automatiques de l'ordre de 30 s sont facilement obtenus — ce qui gêne, c'est plutôt l'écart de la loi de réciprocité... Quant à la sensibilité spectrale de la cellule Si, elle était à l'origine trop centrée sur le rouge, comme d'ailleurs la plupart des cellules photo-électriques. On a cependant développé une cellule spéciale dite « bleue » pour la photographie dont la caractéristique est plus étalée, notamment dans la région du bleu, que celle de la

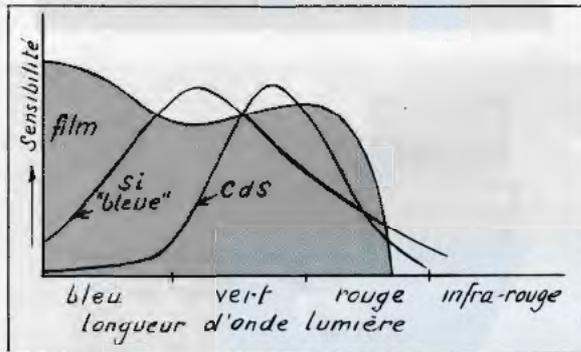


Fig. 5

cellule CdS montrée à titre de comparaison (Fig. 5). Enfin, la cellule Si répond immédiatement à toute variation du niveau d'éclairement ; la cellule CdS, au contraire, est lente à parvenir à son équilibre, en particulier aux faibles niveaux d'éclairement, et si elle est alors « aveuglée » par une lumière forte, elle met un certain temps à trouver sa position finale.

### MESURE « COMME A DIAPHRAGME OUVERT » GRACE A LA CELLULE AU SILICIUM

Cette grande rapidité de la cellule Si a rendu possible une réalisation intéressante de reflex à commande automatique de temps de pose, le diaphragme étant choisi par l'opérateur. On sait que dans un tel système, la mesure à travers l'objectif complique les choses, car au moment de l'exposition, le miroir est relevé, et la cellule ne reçoit plus de lumière (1). On est donc obligé de faire la mesure **immédiatement avant** le relèvement du miroir et de mettre en mémoire dans un condensateur le « signal » de la cellule.

Il n'y a pas si longtemps, on visait encore à grande ouverture, puis on diaphragmait à « l'ouverture de travail » pour déterminer le temps de pose correct ; des appareils aussi répandus que le Pentax Spotmatic utilisent ce principe. Les reflex plus récents permettent la mesure à pleine ouverture, au prix d'une petite complication. Il faut en effet un **simulateur de diaphragme** qui calcule pour le diaphragme choisi l'indice de luminance à l'ouverture de travail à partir de l'IL à grande ouverture. De plus, les objectifs utilisés doivent porter sur leur socle une came ou butée transmettant au simulateur la valeur de leur ouverture maximale. Comme chaque constructeur a son propre système

(1) Reflex automatique du même auteur, Photo-Revue, janvier 1974.

de transmission, les objectifs de différentes marques ne sont plus interchangeables, tout au moins pour les mesures à grande ouverture.

Pour ces reflex automatiques à mesure à grande ouverture dont les modèles Pentax ES et Nikkormat EL sont représentatifs, on peut tracer le schéma fonctionnel suivant :

### REFLEX A AUTOMATISME DE POSE A MESURE A GRANDE OUVERTURE

Phase	Diaphragme	Cellule	Obturbateur	Miroir
Visée	Grand ouvert	Mesure	Programmé	En bas
Déclenchement	Ouverture de travail	—	Ouvre puis ferme	Se relève
	Puis Grand ouvert	—	—	S'abaisse

Or, la cellule Si permet d'effectuer une **mesure à ouverture de travail juste avant le déclenchement** avec une rapidité telle que le photographe ne s'aperçoit pas de la fermeture du diaphragme et travaille « comme à grande ouverture ». Cette idée ingénieuse permet de simplifier la réalisation de l'appareil et d'abaisser son prix de revient. De plus, la transmission de la référence ouverture maximale de l'objectif au boîtier n'étant pas nécessaire pour la mesure à objectif diaphragmé, on peut utiliser pratiquement sans restriction aucune tout objectif se montant sur le boîtier, ce qui, dans le cas de la monture à vis 42 mm dite Pentax-Praktica, en fait plusieurs centaines. A notre connaissance, il existe actuellement deux reflex basés sur ce principe : le Cosina Hi-Lite EC (2) et le Chinon EC Memotron (aux Etats-Unis sous le nom de GAF L-ES). Il semble d'ailleurs qu'un grand constructeur japonais (Matsushita) va lancer un circuit intégré spécialement étudié pour cette application, ce qui laisse prévoir l'apparition d'autres modèles de ce type.

Pour bien comprendre le fonctionnement de ces appareils nouveaux, examinons leur schéma fonctionnel en observant que le déclenchement s'effectue ici en deux temps :

### REFLEX A AUTOMATISME DE POSE A MESURE A L'OUVERTURE DE TRAVAIL

Phase	Diaphragme	Cellule	Obturbateur	Miroir
Visée	grand ouvert	—	—	En bas
Déclenchement à moitié	Ouverture de travail	Mesure	Programmé	En bas
Déclenchement à fond	Ouverture de travail	—	Ouvre puis ferme	Se relève
	Puis grand ouvert	—	—	S'abaisse

La première phase du déclenchement, la mesure avec programmation de l'obturateur, est si rapide qu'elle est correctement accomplie même si le déclencheur est immédiatement appuyé à fond, sans marquer un premier temps.

(2) Portrait-test par Roger Ballone, Photo-Revue, décembre 1974.