

Electronique et photo

L'électronique pénètre de plus en plus intimement dans la photographie. Les derniers perfectionnements, comme la mise au point automatique, font appel à une électronique de plus en plus petite, une électronique qui, bien que s'ajoutant aux éléments mécaniques déjà présents ne fait pas pour autant grossir les appareils.

Un poste à transistors utilise des composants électroniques, comme l'appareil photo, mais il n'y a aucune commune mesure entre les circuits électroniques employés dans l'un et l'autre cas, en ce qui concerne les dimensions et la technologie.

Dans les deux cas, les fonctions à réaliser sont simples. Le poste radio capte des ondes, les rend audibles et fait passer une modulation dans un transducteur électro-acoustique. Dans l'appareil photo, un dispositif que nous ne baptiserons pas tout de suite capte la lumière et décide quelle sera l'ouverture du diaphragme à employer ou le temps d'exposition. Très simple à première vue.

Toutes ces opérations sont basées sur des composants électroniques. La littérature photo s'enrichit aujourd'hui d'un vocabulaire pris à l'électronique. MOS, circuits intégrés, LSI, LED, SBC, photorésistances alors qu'auparavant on ne parlait que d'obturateurs métalliques ou à rideaux et à la rigueur de posemètre.

L'indicateur d'exposition, la cellule, était la première irruption de l'électronique dans la photo. Maintenant, si votre MOS n'est pas LSI, vous n'êtes plus dans le coup ! Plus de Zasa dans LED et vice-versa.

Voyons maintenant ce qu'est l'électronique dans la photo, en débutant par les composants électroniques élémentaires qui vont servir à faire de bonnes photos sans se fatiguer et surtout sans réfléchir.

Les circuits électroniques utilisés en photo sont basés sur des semi-conducteurs, des résistances, des condensateurs, et aussi un capteur qui transforme les photons issus du rayonnement lumineux en électrons.

La transformation lumière/électricité

C'est une opération fondamentale dans la photo. La plus ancienne application de ce principe qui est la cellule photoélectrique, une sorte de pile électrique.

Une pile électrique débite de l'électricité grâce à un système de transformation chimique, une électrolyse. Dans la photo pile, la transformation chimique est remplacée par une transformation de lumière en électricité, de photons en électrons. Ce type de pile est pratiquement inusable, tant qu'il y aura du soleil il y aura de l'électricité. Les éléments des débuts étaient des photopiles au sélénium, elles sont remplacées par des systèmes au rendement plus élevé. Un exemple typique : c'est la création de centrales solaires de petite puissance. Une batterie de cellules charge une batterie qui restituera l'énergie au cours de la nuit. Plus l'intensité lumineuse frappant la cellule est importante et

plus l'énergie disponible sera grande. Dans un posemètre à cellule photoémettrice, nous avons une cellule qui alimente un indicateur d'énergie lumineuse ; plus la lumière qui frappe l'élément est forte, plus il y aura d'énergie et plus l'aiguille de l'indicateur déviara. Il restera alors à étalonner le cadran. Chaque fois que la quantité de lumière doublera, il y aura un pas d'un diaphragme ou le passage d'une vitesse.

La figure 1 représente un posemètre de ce type, il se compose d'une photopile et d'un indicateur, un voltmètre ou un milliampèremètre. Toute l'énergie du photolément passe dans l'indicateur.

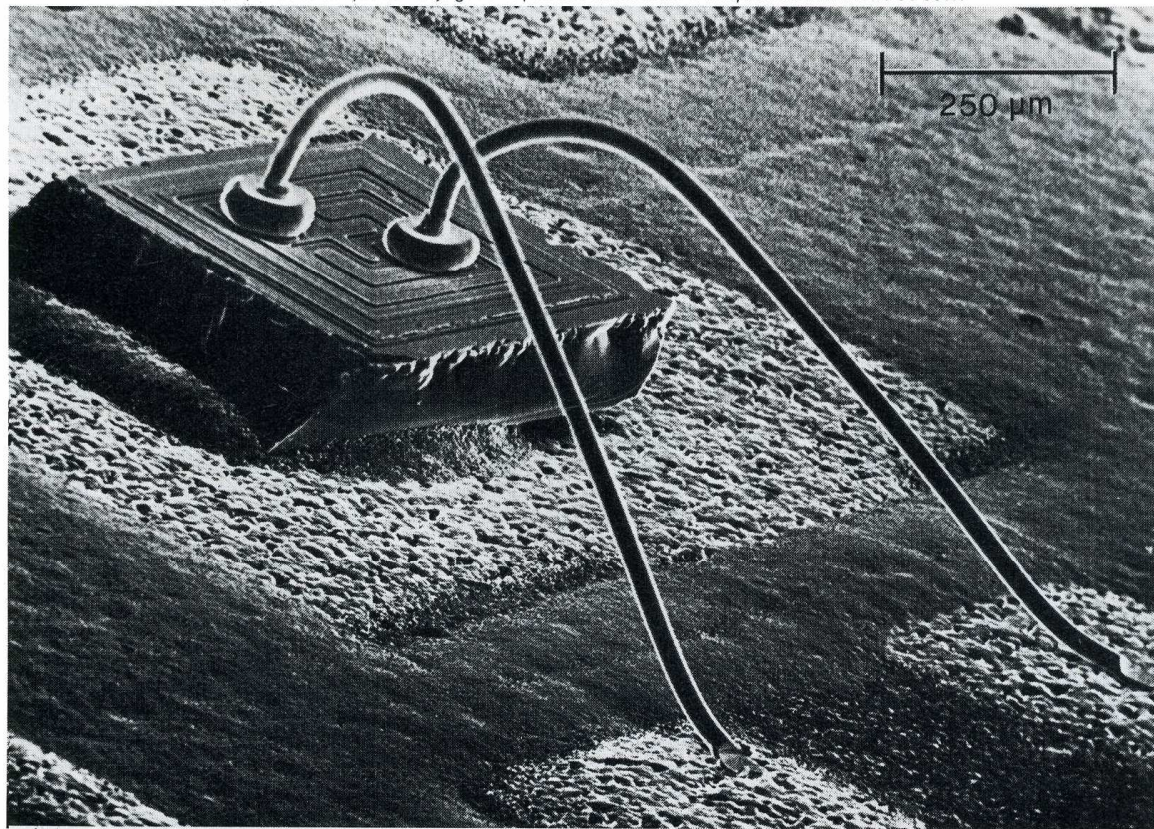
Sur la figure 2, nous avons introduit un élément supplémentaire, c'est une résistance. Lorsqu'une résistance est parcourue par un courant, il se produit en elle une dissipation d'énergie. Ici, la résistance est en série avec l'indicateur d'énergie. Une partie de l'énergie disponible dans le photoélément part dans la résistance. Si nous mettons le posemètre de la figure 2 dans les mêmes conditions d'éclairage que celui de la figure 1, nous aurons une déviation d'aiguille moins importante pour la figure 2. Une partie de l'énergie aura été dissipée dans la résistance. Si maintenant nous faisons varier la résistance, nous pourrions faire varier l'indication du posemètre. Nous avons maintenant la possibilité d'ajuster la sensibilité du posemètre en fonction de celle de la pellicule.

C'est à peu près ce que l'on trouve de plus simple dans l'association de l'électronique à la photo. Le nombre d'éléments est très petit, aucun automatisme n'est présent.

Une autre solution peut être offerte par le constructeur, c'est une graduation mobile. Pour une même position de l'aiguille, le fabricant de la cellule fera correspondre plusieurs valeurs de couples diaphragme/vitesse. Solution applicable pour la figure 1, elle remplace le commutateur.

La photopile n'est pratiquement plus utilisée, on a trouvé depuis des composants plus

Un transistor vu au microscope électronique à balayage. Une pastille de silicium d'un quart de millimètre de côté.



stables. Par exemple, la photo-résistance. Nous venons de voir que l'introduction d'une résistance en série avec une photopile faisait varier l'indication de l'aiguille. Les fabricants de composants ont réalisé une résistance spéciale qui réagit avec la lumière. Cette fois, nous avons le schéma de la figure 3. La pile délivre une énergie modulée par la lumière. Ici, la part absorbée par la photorésistance varie en fonction de l'éclairement. Plus la lumière est forte et plus l'énergie sera faible, plus l'aiguille de l'indicateur de courant (ou de tension) déviara. C'est une seconde façon d'utiliser l'énergie solaire pour faire dévier une aiguille. Cette fois, il n'y a pas transformation d'énergie, cette dernière étant fournie par une pile, en général au mercure pour des raisons de stabilité de tension.

La même expérience peut être répétée avec d'autres composants qui sont des photodiodes et des phototransistors. Ce sont de tout petits boîtiers transparents à l'intérieur desquels est installé un semi-conducteur sensible à la lumière. Les photodiodes et les phototransistors ont l'avantage d'une réponse plus rapide (en particulier pour les faibles luminosités) que les photorésistances, ce qui explique la présentation (courbe 1) dans les publicités de photoéléments au silicium. Ils sont parfois enrichis d'une couleur et sont alors baptisés SBC, Silicon Blue cell, cellule bleue au Silicium.

Le bleu n'est sans doute pas là

pour rien. Les cellules sont en général sensibles dans la zone rouge/infrarouge. La présence d'un écran bleu permet d'atténuer le rouge et de rendre la cellule sensible sur la même plage que l'œil humain. La couleur de la scène photographiée n'interviendra plus sur l'exposition.

Le photoélément est le composant permettant d'avoir accès à la lumière. Ce composant sera associé, dans un appareil photo à des circuits électroniques chargés d'amplifier les très faibles courants produits à partir de la lumière. Nous aurons donc des amplificateurs capables de sélectionner des diaphragmes ou de choisir une vitesse.

Le transistor

Le composant amplificateur élémentaire utilisé dans les appareils photo est le transistor. Le cœur du transistor est une pastille de germanium, maintenant de silicium comportant plusieurs zones qui ont été dopées. Le dopage est une introduction de corps comme le phosphore ou l'indium qui modifient les propriétés du semi-conducteur qu'est le matériau de base.

Le transistor se présente comme un boîtier duquel sortent trois électrodes. L'une de ces électrodes, la base, est une électrode de commande. Un faible courant entrant dans cette électrode est multiplié par le gain du transistor. Un courant plus important est alors disponible sur la borne appelée col-

lecteur. La troisième électrode, émetteur étant, en quelque sorte une électrode de référence.

La figure 4 donne la représentation schématique d'un transistor. Deux représentations sont indiquées, la première est celle d'un transistor dit NPN, transistor dans lequel le courant avec son sens conventionnel entre dans la base, la seconde est celle d'un transistor dit PNP dans lequel le courant sort de la base.

Les transistors prennent leur alimentation d'une source d'énergie externe. L'électrode de référence, l'émetteur, du transistor, NPN est reliée au pôle négatif de l'alimentation.

Sur la figure 5, nous avons le schéma représentant une application fort simple du transistor, il s'agit de l'allumage d'une lampe à partir d'une photorésistance.

Dans l'obscurité, la photorésistance présente une résistance élevée, le courant de base n'est pas suffisant pour allumer la lampe. Si on éclaire progressivement la photorésistance, la tension entre base et émetteur est, lorsque le transistor est conducteur, de l'ordre de 0,6 V. En mettant la lampe en série avec la photorésistance, il n'était pas possible d'obtenir l'allumage, le courant étant trop petit. On voit donc ici l'intérêt du transistor. Un très petit courant suffit à commander le passage, le transistor se comporte comme un robinet qui serait très facile à manœuvrer. En associant plusieurs transistors entre eux, on peut augmenter le rapport entre le courant d'entrée et celui de sortie. Figure 6, on retrouve le sens des courants de la figure 4.

Le transistor est rarement employé tout seul. On lui associe des résistances et des condensateurs, parfois des bobines.

La résistance

C'est un composant qui se présente le plus souvent comme un petit cylindre décoré d'anneaux de couleur et terminé par deux fils. La résistance, comme son nom l'indique résiste au passage du courant. Une résistance placée en série avec une pile limite l'intensité. La loi d'Ohm régit le comportement d'une résistance. Prenons le circuit de la figure 7. Nous avons une pile de 6 V et une lampe de 4 V. Si la lampe est branchée sur 6 V, elle brillera beaucoup, mais sa vie sera brève. Il faut mettre une résistance en série. Sur la lampe il y a marqué 4 V, 0,1 A. 4 volts, 0,1 ampère. Pour qu'il n'y ait que 4 V aux bornes de la lampe, il faut provoquer une chute de

2 V dans la résistance. C'est le même courant qui passe dans les éléments en série, les tensions aux bornes de la résistance et de la lampe s'ajoutent. Il y aura donc 0,1 ampère qui passera dans la résistance. La loi d'Ohm : $U = R \times I$, tension aux bornes de la résistance égale le produit de la résistance par l'intensité. Dans le cas présent, nous voulons savoir la valeur de la résistance. La loi d'Ohm peut aussi s'écrire $R = U : I$. d'où $R = 2 : 0,1 = 20$ Ohms.

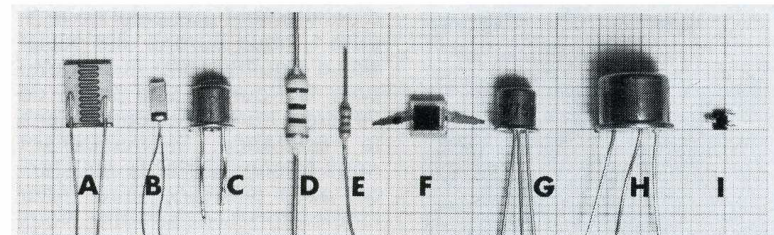
Les résistances du commerce ont une valeur fixe. Dans les appareils photo, il y a des résistances variables. Ces résistances peuvent être ajustées. L'ajustement est rendu impératif par la dispersion inhérente au processus de fabrication des composants. Ces résistances ajustables, ce sont aussi, sous une autre forme, les potentiomètres que l'on trouvera sur les amplificateurs des projecteurs sonores.

Les condensateurs

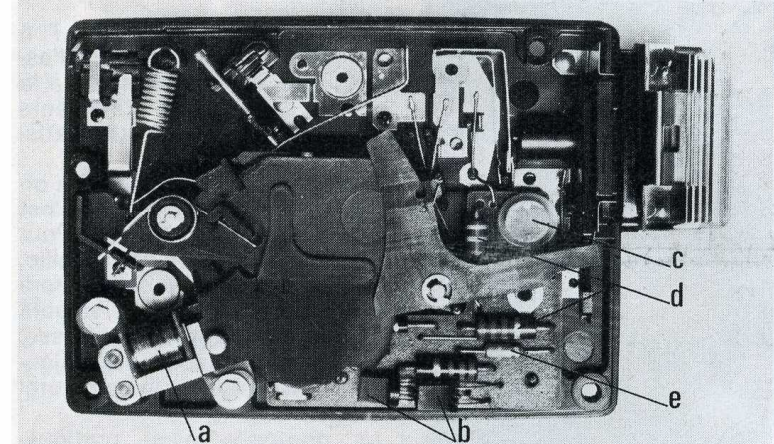
Le condensateur est un composant très souvent utilisé pour retarder un signal ou faire l'intégration d'une intensité lumineuse. Une pellicule photographique, pour être impressionnée, doit recevoir une certaine quantité de lumière. Cette lumière peut arriver de façon violente pendant un court instant ou au contraire être de très faible intensité et durer beaucoup plus longtemps : temps de pose court, diaphragme ouvert, temps de pose plus long avec diaphragme fermé.

Le photoélément tient compte de l'intensité de la lumière et non de la quantité qui la frappe. Le condensateur joue souvent ce rôle. Ce composant est une sorte d'accumulateur. Aucun processus chimique n'est mis en jeu dans le stockage de l'énergie. A la différence de l'accumulateur dont la tension est fixée, le stockage s'effectue sous la tension qui a été appliquée. Nous pourrions prendre comme analogie la cuve d'eau que l'on remplit. La capacité de la cuve, c'est celle du condensateur, la hauteur d'eau étant la tension, elle se traduit, pour la cuve, en pression. Là encore, nous avons des lois : la quantité d'énergie stockée est égale au produit de la capacité du condensateur par la tension ($Q = C \times V$).

Application à la temporisation. Sur la figure 8 nous avons représenté un condensateur se chargeant et, à côté son analogie avec la cuve. Le débit d'énergie est limité par la valeur de la résistance et de la tension comme le débit de l'eau est limi-



A. Photorésistance - B. Photopile au silicium - C. Phototransistor (lentille) — D. Résistance miniature - E. Résistance subminiature - F. Photodiode au silicium — G et H. Transistors - I. Transistor subminiature.



Obturbateur électronique d'un appareil Polaroid colorpack II : a. Electro-aimant — b. Transistors — c. Photorésistance — d. Résistances — e. Condensateur.

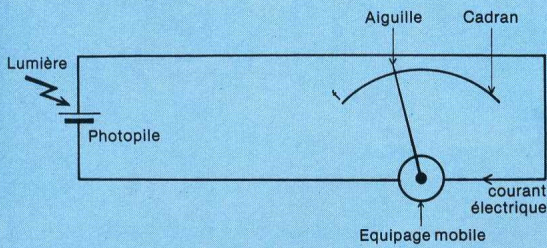


Fig. 1 - Le posemètre élémentaire.

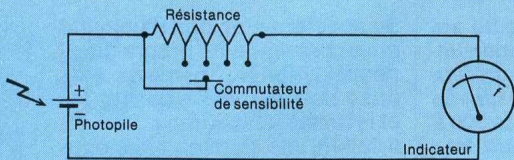


Fig. 2 - Posemètre à sensibilité variable.

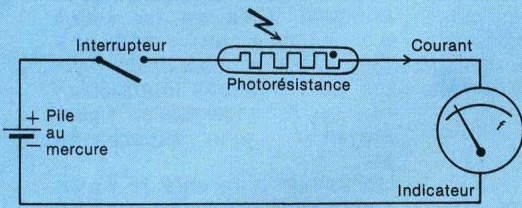


Fig. 3 - Posemètre à photorésistance.

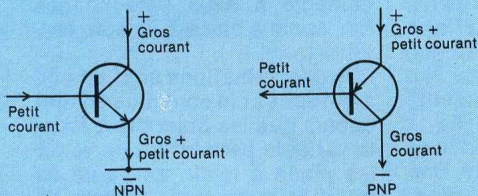


Fig. 4 - Les transistors.

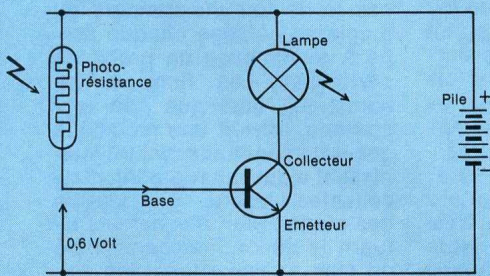


Fig. 5 - Montage amplificateur à transistor.

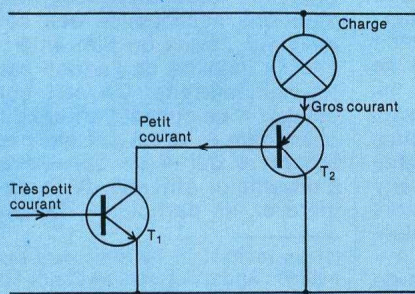


Fig. 6 - Association de deux transistors pour amplifier un tout petit courant.

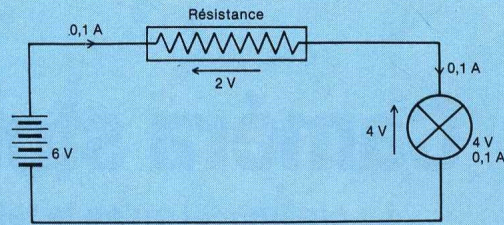


Fig. 7 - La résistance limite le courant. Sa valeur peut être calculée pour ne pas griller la lampe.

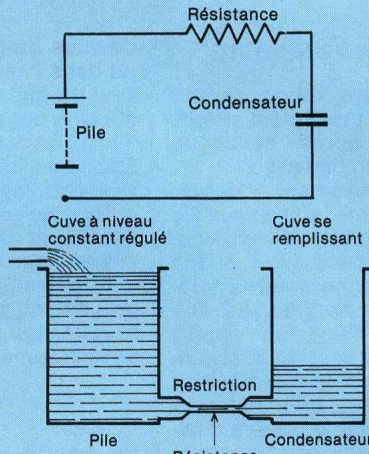


Fig. 8 - Le condensateur.

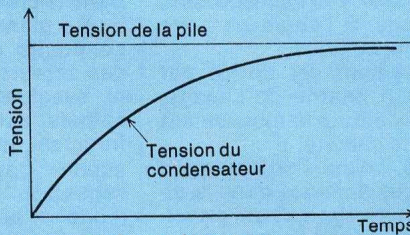


Fig. 9 - La charge du condensateur.

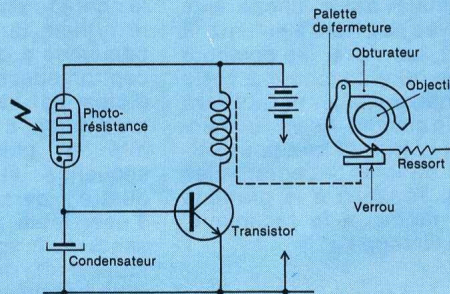
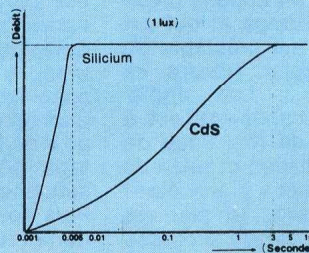


Fig. 10 - Principe simplifié d'un obturateur électronique.



Courbe 1. Graphique démontrant l'extrême rapidité du silicium (5 millisecondes) comparée au CdS (3 secondes) pour un éclairage de 1 lux. Document Fuji.

té par le diamètre du tuyau et la pression. Il faudra donc un certain temps pour que la tension atteigne une certaine valeur. Au début de la charge du condensateur, la tension est nulle, le courant de charge est limité par la valeur de la résistance : loi d'Ohm, $I = U/R$. Comme la quantité d'énergie qui entre dans le condensateur augmente, sa tension croît (loi $Q = C \times X$). La tension aux bornes de la résistance diminue progressivement et le courant suit cette progression ; nous avons, aux bornes du condensateur une courbe de charge exponentielle (Fig. 9), en fin de charge, lorsque la tension du condensateur est voisine de celle appliquée avant la résistance, le courant de charge est presque nul. La cuve est pleine, la différence de pression aux bornes du tuyau devient très basse, il n'y a plus de passage de l'eau. Il faudra donc un certain temps pour que le condensateur soit chargé.

Nous arrivons à l'obturateur électronique. Celui que nous proposons est rudimentaire (figure 10). La pile est celle qui alimente le montage. Un électroaimant, retient la palette de fermeture du diaphragme. La photorésistance est en série avec le condensateur, et nous avons mis un transistor qui est excité par la tension prise aux bornes du condensateur.

Premier cas, la lumière est très intense. L'obturateur s'ouvre, la valeur de la photorésistance est très faible, le condensateur se charge très vite, la tension de base du transistor devient vite suffisante pour commander l'électro-aimant du relâchement de la palette de l'obturateur.

Second cas, la lumière est faible, cette fois, le condensateur va se charger tout doucement, une fois la tension de seuil atteinte, nous aurons la fermeture du diaphragme, cette fois, le temps mis pour la fermeture sera beaucoup plus long.

Dans les deux cas, nous aurons une constante, la quantité d'énergie stockée par le condensateur. Il suffit de s'arranger pour que la photorésistance suive une loi déterminée pour que la quantité d'énergie stockée soit proportionnelle à la quantité de lumière qui frappera la pellicule photosensible.

Dans la pratique, nous aurons un schéma sensiblement plus complexe. Au lieu d'un transistor nous en aurons plusieurs, et si il n'y a pas de place, nous aurons droit à un circuit intégré. Encore un terme plein de mystère... Patience, c'est pour la prochaine fois...