

L'ICONOSCOPE

œil électrique

Le fait qui permet la conversion de la lumière en énergie électrique a été découvert en mai 1873 : c'est la photosensibilité de la résistance électrique du sélénium. Un autre grand pas en avant fut constitué par la découverte, en 1888, de l'effet photoélectrique ou émission d'électrons sous l'influence de la lumière, effet qui fut étudié les années suivantes par Hallwachs, Elster et Geitel.

L'intérêt que les chercheurs attachaient à ces nouveaux éléments est mis en évidence par le fait que la première solution proposée au problème de la télévision fut par Carey en 1875 qui préconisa l'emploi de cellules de sélénium ; il s'agissait d'imiter l'œil humain par une mosaïque de petites cellules au sélénium. En 1877, Ayrton et Perry firent une seconde tentative dans ce sens. Plus tard, en 1905, Rignoux et Fournier utilisèrent une mosaïque de ce genre pour transmettre des figures simples et des lettres. L'émetteur était constitué par un échiquier de 64 cellules au sélénium. Chaque cellule commandait, par deux fils, un volet monté dans la case correspondante d'un éch-

quier récepteur. L'image à transmettre était projetée sur les cellules et les cellules touchées laissaient passer un courant électrique qui actionnait les volets. La lumière cachée ou dévoilée par les volets reproduisait l'image.

Pour comprendre les raisons des difficultés rencontrées avec les procédés d'exploration mécanique, il faut se souvenir que l'image dans tout système de télévision est explorée point par point et que, en conséquence, l'élément photosensible est soumis à la lumière venant d'un point donné seulement pendant le très court temps d'illumination de ce point. Supposons que nous désirions transmettre une image de bonne qualité divisée par l'exploration en 70.000

points, le courant de sortie de la cellule pour chaque point sera 70.000 fois plus grand que dans le système classique. Comme l'exploration point par point est toujours nécessaire afin d'utiliser seulement un seul canal de communication, on devra disposer d'un moyen d'accumuler l'énergie de l'image entre deux explorations successives de chaque point.

Ce courant de décharge de chaque élément sera proportionnel à la charge positive accumulée, donc le courant de décharge sera proportionnel à l'intensité lumineuse frappant l'élément. La résistance R transforme cette variation d'intensité en variation de tension.

Si nous traçons la représentation graphique de la charge de l'élément photoélectrique en fonction du temps (fig. 2), le potentiel croîtra continuellement par suite de la lumino-

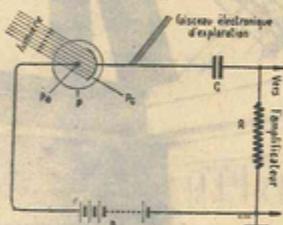


Figure 1.

Si nous comparons ces circonstances à celles d'une cellule photoélectrique ayant une sensibilité de $10 \mu\text{A}$ par lumen, le courant créé dans la cellule par un de ces points d'image sera :

$$i = \frac{1 \times 10^{-6}}{10 \times 70.000} = 1.43 \times 10^{-11} \text{ ampère.}$$

La quantité d'électricité correspondant en $1/1.400.000$ de seconde, temps réservé à chaque point, sera :

$$Q = i \times t = \frac{1.43 \times 10^{-11}}{1.4 \times 10^6} = 1 \times 10^{-17} \text{ coulomb.}$$

Or, la charge d'un électron est de 1.59×10^{-19} coulomb. On en déduit que 63 électrons seulement sont captés pendant l'exploration d'un point d'image. L'amplification de quantités si faibles d'énergie se heurte pratiquement à d'insurmontables difficultés.

Si nous comparons ces circonstances à celles



Figure 4.

qui se rencontrent au cours de l'exposition d'une plaque photographique, nous verrons que cette plaque travaille dans des conditions bien plus favorables, car tous ses points sont impressionnés par la lumière pendant toute la durée de l'exposition. Ce temps d'exposition varie entre plusieurs secondes pour les vues d'intérieur et $1/100$ de seconde pour des vues extérieures, autrement dit des temps plusieurs milliers de fois plus grands que dans le cas d'images de télévision explorées. L'œil humain, que nous considérons comme d'une idéale sensibilité, fonctionne dans les mêmes conditions favorables.

Si pouvait être mis au point un système de télévision qui fonctionnerait sur le principe même de l'œil, tous les points de l'image à transmettre affecteraient l'élément photosensible pendant tout le temps de la transmission de cette image. Alors, dans notre exemple d'une image décomposée en 70.000

Le russe américanisé V.-K. Zworykin s'attacha à la réalisation de cette idée et il y a plus de quinze ans et donna diverses solutions au problème posé. Une de ces solutions comporte l'emploi d'un tube à rayons cathodiques spécial comportant une mosaïque appliquée sur une plaque métallique isolée.

Chaque élément de la mosaïque est une minuscule cellule photoélectrique. L'image est projetée sur cette mosaïque et il en résulte une émission continue de photo-électrons suivant la distribution de la lumière dans l'image. La charge acquise par chaque élément de la mosaïque est libérée par un rayon cathodique de balayage une fois par exploration d'image par ce rayon. Les impulsions résultantes sont amplifiées et employées à moduler l'intensité du rayon cathodique dans le tube cathodique récepteur sur l'écran fluorescent duquel l'image est reproduite.

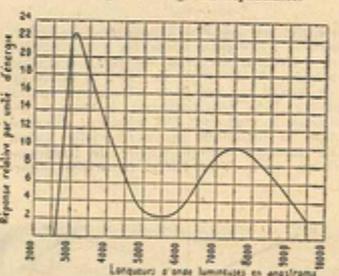


Figure 5.

De ces recherches est résultée une formule très au point de l'élément émetteur : l'icône de Zworykin. L'icône est universellement employé aujourd'hui comme « œil » de la télévision.

Voici comment Zworykin lui-même explique (1) le fonctionnement de l'appareil qu'il a baptisé icône.

Considérons le circuit constitué par un des éléments photoélectriques de la mosaïque (figure 1). P est un tel élément et C représente sa capacité par rapport à une plaque commune à tous les éléments, plaque que Zworykin appelle la « plaque signal ». Le circuit électrique complet comprend la cathode Pc, le condensateur C, une résistance R, une source de tension continue B et l'anode Pa. Quand de la lumière due à l'image projetée tombe sur la mosaïque, chaque cathode Pc d'élément émet des électrons, perd des électrons et le condensateur C est ainsi chargé positivement par la lumière. La grandeur de cette charge est une fonction de l'intensité lumineuse. Quand le rayon électronique qui explore la mosaïque rencontre l'élément photoélectrique considéré, cet élément reçoit des électrons de ce rayon : C est de ce fait déchargé.

(1) En particulier dans les comptes rendus de l'I. R. E.

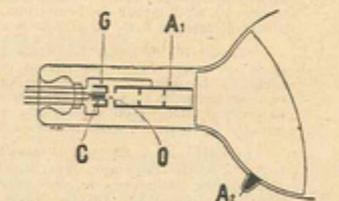


Figure 6.

sité de l'image. La pente de la droite obtenue dépendra uniquement de la luminosité du point de l'image correspondant à la cellule photoélectrique élémentaire. La variation reste linéaire tant que C n'est pas chargé à fond ; il suffit de choisir C de valeur telle que cette saturation ne soit pas atteinte pour une fréquence donnée N des décharges. L'exploration étant uniforme, l'intervalle de temps t défini plus haut, et qui est égal à $1/N$, est également constant, donc la valeur de la charge dépend uniquement de la luminosité du point considéré de l'image. La tension V_1 aux bornes de R est en définitive proportionnelle, elle aussi, à la luminosité de l'image à l'endroit de la cellule. Ce sont les tensions V_1 de chaque cellule qui sont successivement appliquées à un amplificateur faisant suite à l'icône.

Le mécanisme qui précède est en réalité un peu compliqué par le fait que le rayon électronique non seulement neutralise la charge positive de l'élément photoélectrique, mais encore charge cet élément négativement. Le potentiel d'équilibre de l'élément est défini par la vitesse des électrons du rayon cathodique et par l'émission électronique secondaire due au bombardement de la substance photoémissive par des électrons de cette vitesse. Cet équilibre dans l'obscurité est de l'ordre de $-0,5$ à -1 volt pour un icône normal. La lumière fait acquiescer à l'élément une charge positive, donc diminue

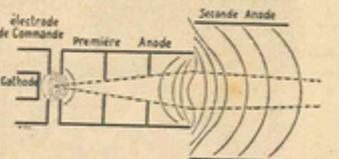


Figure 7.

sa charge négative normale et le rayon cathodique d'exploration ramène cet élément à sa tension d'équilibre.

Une autre complication est due à l'existence, outre les impulsions de décharge, d'un courant de charge de la mosaïque toute entière du fait de la lumière. Ce courant est constant pour une image fixe et varie quand l'image ou une partie de l'image s'anime. Cette variation est très lente et n'agit pas sur un amplificateur insensible aux fréquences inférieures à 20 périodes par seconde. Un calcul simple, mais que nous réservons à nos lecteurs, permet de démontrer