

> une seconde électrode et produisent chacun 5 nouveaux électrons. Et ainsi de suite une dizaine de fois. Dans un photomultiplicateur à 12 étages, le nombre final d'électrons est de l'ordre de 5^{12} , soit 10^8 , le même ordre de grandeur que la charge électrique mobilisée dans l'absorption d'un photon par une cellule rétinienne. Cette charge est suffisante pour être transportée et traitée électroniquement.

La solution semble donc acquise... à condition de ne pas se préoccuper de l'encombrement d'un photomultiplicateur, qui fait quelques centimètres de long et de large. Et tout cela pour l'équivalent d'un seul pixel ! Heureusement, depuis les années 1970, il existe bien plus petit : les galettes de microcanaux, qui équivalent à des réseaux de photomultiplicateurs de taille micrométrique.

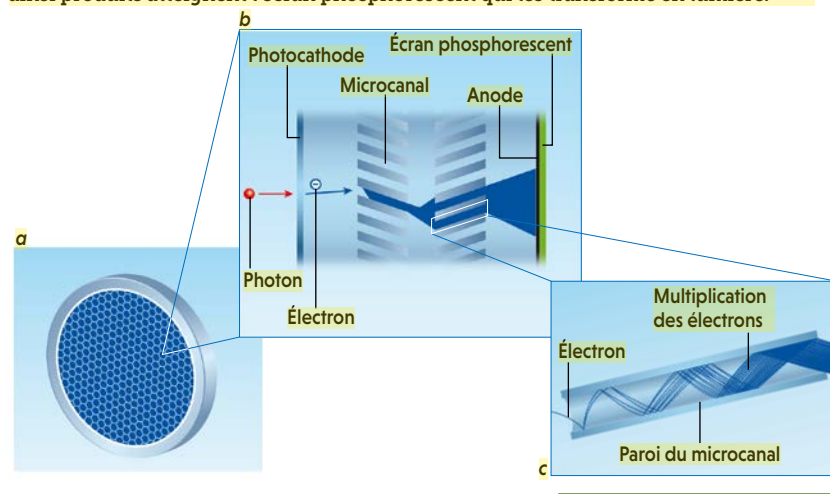
MINIATURISER LE PHOTOMULTIPLICATEUR... ET LE MULTIPLIER !

Ces galettes sont constituées d'un matériau de résistance électrique élevée, épais de 2 millimètres et percé en biais d'un réseau de canaux microscopiques. Ceux-ci ont un diamètre d'une dizaine de micromètres et sont distants les uns des autres d'une quinzaine de micromètres. Les deux faces de la galette sont alors portées à une différence de potentiel de plus de 1000 volts. Étant donné la forte résistance électrique du matériau, le courant électrique qui circule le long de la paroi de chaque microcanal est très faible, et le potentiel électrique y augmente linéairement d'une extrémité à l'autre.

C'est pourquoi le microcanal se comporte comme la version continue des étages d'un photomultiplicateur. Lorsqu'un électron arrive perpendiculairement sur la face avant de la galette, il a de bonnes chances de s'engouffrer dans un microcanal. Comme celui-ci est percé en biais, l'électron frappe forcément la paroi en début du canal. S'il a été préalablement accéléré, son énergie est suffisante pour qu'il arrache plusieurs électrons. Ces derniers, en raison de l'intense champ électrique régnant dans le canal, prennent de la vitesse et viennent frapper la paroi un peu plus loin. Chacun d'eux arrache à son tour plusieurs électrons ; et ainsi de suite. On retrouve le mécanisme de photomultiplication, avec un gain de l'ordre de 10 000 entre l'entrée et la sortie. En plaçant deux galettes l'une après l'autre, on peut atteindre un gain total de 100 millions sur une épaisseur de quelques millimètres.

LES GALETTES DE MICROCANNAUX

Ces dispositifs (a), dont la taille avoisine celle d'une pièce de monnaie pour une épaisseur d'à peine quelques millimètres, sont percés de plusieurs millions de canaux microscopiques. Ceux-ci sont répartis en deux couches parallèles et sont orientés de biais par rapport à l'axe de la galette (b). Chaque microcanal, où la tension électrique sur les parois augmente linéairement d'une extrémité à l'autre, se comporte comme la version continue d'un tube photomultiplicateur (c). Le photon incident est converti par effet photoélectrique en un électron ; ce dernier pénètre dans un microcanal dont il heurte la paroi et subit ainsi une multiplication (qui se poursuit dans la seconde couche de microcanaux) ; l'ensemble des électrons ainsi produits atteignent l'écran phosphorescent qui les transforme en lumière.



Pour compléter le dispositif, il suffit de placer en avant de cette galette un matériau qui émet des électrons par effet photoélectrique, et à l'arrière un mince écran de phosphore qui émet de la lumière là où frappent des électrons. Les électrons étant canalisés par les microcanaux, l'image lumineuse formée sur l'écran phosphorescent est la copie amplifiée de l'image incidente. Les lunettes, caméras et autres jumelles de vision nocturne sont ainsi composées d'un objectif, qui forme une image sur la face avant du dispositif d'amplification lumineuse, et d'un oculaire, qui permet de visualiser l'image formée sur l'écran de phosphore.

Évidemment, avec ces mécanismes, on obtient toujours une vision nocturne monochrome. Mais ce défaut n'est peut-être pas définitif : la société française Photonis commercialise depuis peu des caméras munies d'un nouveau type de capteur à base de CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*, des composants de même type que ceux des appareils photo), où un quart des pixels servent à mesurer la couleur tandis que les trois autres quarts fournissent l'image. Un algorithme reconstitue alors une image colorisée. La contrepartie est que la sensibilité des capteurs à CMOS n'égale pas encore celle des galettes de microcanaux : ces caméras ne sont pas faites pour des nuits trop noires. ■

BIBLIOGRAPHIE

A. G. Wright,
The Photomultiplier Handbook, Oxford University Press, 2017.

M. Lampton,
L'intensificateur d'images à microcanaux,
Pour la Science, n° 51,
pp. 46-57, janvier 1982.