

> 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.

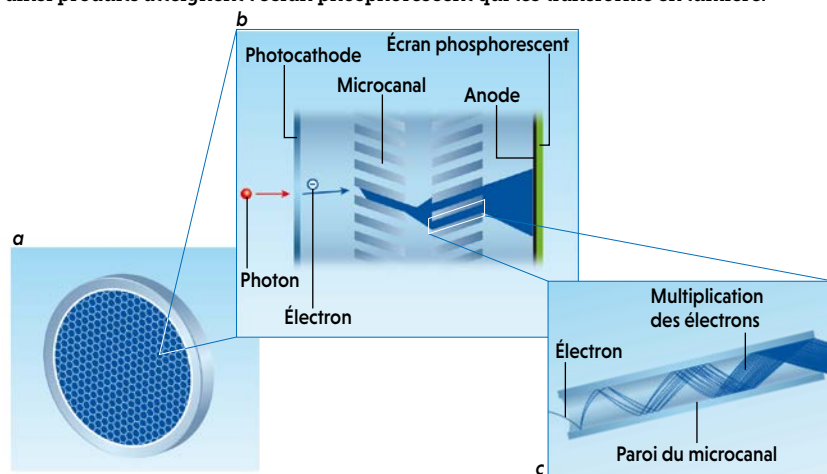
MINIATURISER LE PHOTOMULTIPLIEUR... ET LE MULTIPLIER!

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.

ABONNEZ-VOUS À **POUR LA SCIENCE** EN TOUTE LIBERTÉ

OFFRE
SPÉCIALE
40
ANS

FORMULE
INTÉGRALE
-46%



8,20€*

FORMULE
PASSION
-34%



6,50€*

FORMULE
DÉCOUVERTE
-33%



4,90€*

EN CADEAU AVEC VOTRE ABONNEMENT LE LIVRE "RELATIVITÉ ET QUANTA : UNE NOUVELLE RÉVOLUTION SCIENTIFIQUE..."

LHC, particules, trous noirs, cosmologie... Enfin un point clair et concis sur la dernière révolution scientifique ! Ces trois dernières années, les moissons scientifiques ont été exceptionnellement fructueuses, de la découverte du boson de Higgs à celles des ondes gravitationnelles émises lors de la coalescence de deux trous noirs massifs, et aux observations du fond cosmologique par le satellite Planck. L'humanité vient alors d'atteindre un nouveau palier dans la compréhension du monde quantique et du monde de la gravitation : nos bases théoriques, expérimentales et technologiques forment un socle scientifique solide pour aller plus loin et tenter de répondre aux nouvelles questions qui surgissent suite à ces découvertes... Enquête et mise au point sur une révolution en cours.

BULLETIN D'ABONNEMENT

À renvoyer accompagné de votre règlement à : Pour la Science - Service abonnements - 19 rue de l'industrie - BP 90 053 - 67 402 Illkirch cedex

☐ **OUI**, JE M'ABONNE À **POUR LA SCIENCE** EN PRÉLÈVEMENT AUTOMATIQUE, JE CHOISIS MA FORMULE ET JE COMPLÈTE L'AUTORISATION DE PRÉLÈVEMENT CI-DESSOUS.

☐ **FORMULE INTÉGRALE**
12 n° de Pour la Science + 4 Hors-Séries
+ Accès illimité aux archives en ligne depuis 1996
+ Le livre "Relativité et quanta : une nouvelle révolution scientifique..."

8,20€
Par mois
-46%
IPV8E20K9

☐ **FORMULE PASSION**
12 n° de Pour la Science
+ 4 Hors-Séries
+ Le livre "Relativité et quanta : une nouvelle révolution scientifique..."

6,50€
Par mois
-34%
PPV6E50K8

☐ **FORMULE DÉCOUVERTE**
12 n° de Pour la Science
+ Le livre "Relativité et quanta : une nouvelle révolution scientifique..."

4,90€
Par mois
-33%
DPV4E90K2

MES COORDONNÉES

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal _____

Ville : _____

Tél. Pour le suivi client (facultatif) : _____

E-mail obligatoire : _____ @ _____

J'accepte de recevoir les informations de Pour la Science ☐ OUI ☐ NON
et de ses partenaires ☐ OUI ☐ NON

* Par mois et par rapport au prix de vente en kiosque, l'accès numérique aux archives et la valeur du livre. Vous pouvez également si vous le souhaitez acquérir séparément le livre "Relativité et quanta : une nouvelle révolution scientifique..." au prix de 10€, chaque n° de Pour la Science au tarif de 6,50€, notre n° spécial au tarif de 6,95€ et nos hors-séries au tarif de 7,50€. Délai de livraison : dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre réservée aux nouveaux abonnés, valable jusqu'au 31/03/2018 en France métropolitaine uniquement et dans la limite des stocks disponibles. Pour un abonnement à l'étranger, merci de consulter notre site www.pourlascience.fr. Conformément à la loi "Informatique et libertés" du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant en adressant un courrier à Pour la Science. Votre abonnement en prélevement est reconduit automatiquement et peut être interrompu par simple lettre. Photos non contractuelles.

MANDAT DE PRÉLÈVEMENT SEPA

PAG17481P

En signant ce mandat SEPA, j'autorise Pour la Science à transmettre des instructions à ma banque pour le prélèvement de mon abonnement dès réception de mon bulletin. Je bénéficie d'un droit de rétractation dans la limite de 8 semaines suivant le premier prélèvement. Plus d'informations auprès de mon établissement bancaire.

TYPE DE PAIEMENT : PAIEMENT RÉCURRENT

Titulaire du compte

Nom : _____

Adresse : _____

Code postal _____ Ville : _____

Désignation du compte à débiter

BIC (Identification internationale de la banque) _____

IBAN _____

(Numéro d'identification international du compte bancaire)

Établissement teneur du compte

Nom : _____

Adresse : _____

Code postal _____ Ville : _____

Date et signature

Organisme Créancier : Pour la Science
170 bis, bd. du Montparnasse – 75014 Paris
N° ICS FR92ZZ426900
N° de référence unique de mandat (RUM)

Merci de joindre impérativement un RIB

Partie réservée au service abonnement. Ne rien inscrire

L'AUTEUR



HERVÉ LE GUYADER
professeur émérite de biologie
évolutive à l'université
Pierre-et-Marie-Curie, à Paris

Sa bouche est une ventouse
en forme d'entonnoir.

LE VER, L'ESCARGOT ET L'AMIBE

Ou comment la lutte contre un ver parasite de l'homme a révolutionné notre vision de l'origine des animaux...

Il y a encore quelques années, *Capsaspora owczarzaki* n'était connu que de quelques zoologistes. Mais récemment, cet organisme unicellulaire au nom imprononçable est devenu la coqueluche des évolutionnistes : sa situation phylogénétique alliée à ses caractéristiques biologiques en font un organisme exceptionnel pour comprendre comment les animaux pluricellulaires ont pu apparaître.

UN ESCARGOT PARASITÉ

Comme souvent en biologie, cette découverte s'est produite à la suite d'un invraisemblable concours de circonstances. Tout commence par la lutte contre la bilharziose, une maladie parasitaire provoquée par les schistosomes, des vers plathelminthes hématophages sévissant dans les zones tropicales d'Afrique, d'Asie et d'Amérique du Sud. Le parasite se reproduit suivant un cycle complexe nécessitant le passage par un hôte intermédiaire, un gastéropode pulmoné d'eau douce proche des planorbes. En Amérique du Sud et dans la Caraïbe, il s'agit de *Biomphalaria glabrata*, colonisé par *Schistosoma mansoni*. La forme infestante de l'homme est la cercaire, une larve nageuse évadée du

gastéropode et qui traverse la peau par effraction. Après des migrations dans le système cardiovasculaire et plusieurs métamorphoses, le parasite s'installe près du foie et y devient sexuellement mature. Les œufs pondus par la femelle passent dans l'intestin et sont évacués avec les fèces. Dans l'eau douce, l'œuf éclôt et donne le miracidium, une larve ciliée nageuse qui infeste *B. glabrata* et s'y transforme en sporocyste, d'où bourgeonnent les cercaires. La lutte contre la bilharziose nécessite donc la connaissance précise de la vie de cet escargot.

Plusieurs équipes se lancent donc dans l'étude de la biologie de *B. glabrata*. C'est ainsi qu'au cours des années 1970, certaines souches résistantes à *S. mansoni* sont découvertes, entre autres à Porto Rico. Alfred Owczarzak, zoologiste à l'université d'Oregon, aux États-Unis, découvre en 1979 que des cellules à l'allure d'amibes circulent dans l'hémolymphe du gastéropode, s'attaquent aux sporocystes du schistosome et s'en nourrissent. Réussissant à cultiver ces cellules, Owczarzak comprend qu'elles ne proviennent pas de l'animal (comme nos globules blancs) : ce sont des organismes unicellulaires symbiotes qui débarrassent *B. glabrata* de ses parasites.



Schistosoma mansoni
Taille : 1 cm env. (mâle)
1,4 cm env. (femelle)



Biomphalaria glabrata
Taille : 0,5 à 1 cm
(coquille)

Hermaphrodite
simultané (mâle et
femelle en même
temps), il pratique
l'autofécondation.