

DES ÉTINCELLES DANS LE CERVEAU : L'HISTOIRE DES CANAUX IONIQUES ET DES CELLULES NERVEUSES

Bert Sakmann *

Max Planck Institut de Neurobiologie, Munich, Allemagne

Comprendre la communication entre les cellules nerveuses du cerveau est essentiel pour comprendre le fonctionnement du cerveau. La communication entre les cellules nerveuses fait intervenir l'envoi de messages chimiques par une cellule émettrice et leur traduction en activité électrique dans la cellule réceptrice. Cette activité électrique est le langage fondamental des cellules nerveuses et du cerveau tout entier. Comment un message chimique émis par une cellule se traduit-il par une activité électrique dans une autre cellule nerveuse, et comment l'avons-nous découvert ? Plongeons ensemble dans le monde électrique de la communication entre les cellules nerveuses. Je te parlerai des expériences qui nous ont permis de découvrir l'élément le plus fondamental de l'activité électrique dans le cerveau : les canaux ioniques. La découverte des canaux ioniques a ouvert la voie à la compréhension de l'origine de l'activité électrique dans le cerveau et dans d'autres organes comme le cœur. Cette découverte a permis de mettre au point des médicaments pour traiter diverses maladies liées à l'activité électrique nerveuse, telles que l'épilepsie et les troubles du rythme cardiaque.

Le professeur Bert Sakmann a reçu le prix Nobel de physiologie ou de médecine en 1991, conjointement avec Erwin Neher, pour leurs découvertes concernant la fonction des canaux ioniques simples dans les cellules.

COMMENT LES CELLULES COMMUNIQUENT-ELLES ENTRE ELLES ?

Ton corps, comme celui tous les autres organismes vivants est constitué de cellules, les unités de base de la vie. Chaque cellule est à la fois une unité individuelle, avec ses propres fonctions indépendantes, et une partie d'un organe multicellulaire (comme le cerveau et le cœur) qui doit fonctionner de manière coordonnée. Chaque cellule est entourée d'une frontière physique claire, appelée membrane cellulaire, qui sépare le contenu cellulaire de l'environnement extérieur (extracellulaire) et des autres cellules. La membrane permet à chaque cellule d'avoir un environnement intérieur défini et de remplir ses propres fonctions spécialisées. Mais comme les cellules individuelles font partie d'une structure plus large, la plupart des cellules, et en particulier les cellules nerveuses, doivent communiquer avec d'autres cellules. Comment le font-elles alors qu'elles sont séparées des autres par la barrière de la membrane cellulaire ? Plusieurs mécanismes sont utilisés. L'un des plus courants, et celui sur lequel nous nous concentrerons ici, est qu'une cellule envoie un message sous la forme d'une substance chimique à la cellule réceptrice [1]. En détectant cette substance, la cellule réceptrice "sait" qu'un signal lui a été envoyé par une autre cellule, et elle réagit en conséquence.

COMMUNICATION ENTRE LES CELLULES NERVEUSES

Les **cellules nerveuses**, les unités élémentaires du cerveau, "parlent" le langage de l'électricité. À chaque instant, chaque cellule nerveuse présente une activité électrique spécifique, produisant un ensemble d'impulsions électriques brèves appelées "pics". Avec l'ensemble des grands réseaux de cellules nerveuses actives, c'est toute une "symphonie électrique" qui est générée dans le cerveau. Cette activité électrique est associée à tous les aspects de notre comportement et de notre expérience : nos actions, nos pensées, nos sentiments et nos souvenirs.

Comment les cellules nerveuses communiquent-elles entre elles pour créer une "symphonie électrique" aussi coordonnée ? La communication entre les cellules nerveuses est plus complexe que la communication entre d'autres types de cellules, car elle comprend à la fois des composants chimiques et des composants électriques. Cette communication se produit à un point de contact particulier entre les cellules, appelé **synapse**, et se produit en deux étapes fondamentales. Tout d'abord, la cellule émettrice sécrète (émet) une substance chimique, appelée **neurotransmetteur** [1], dans l'espace extracellulaire entre la cellule émettrice et la cellule réceptrice. Lorsque le neurotransmetteur arrive (par **diffusion**) à la cellule réceptrice, il s'y lie à des récepteurs spécifiques et cela a pour conséquence que des ions

CELLULES NERVEUSES.

Cellules majoritaires dans le cerveau. Les cellules nerveuses génèrent l'activité électrique du cerveau.

SYNAPSE. Point de contact entre deux cellules nerveuses, constitué d'un petit espace où une substance chimique (le neurotransmetteur) passe de la cellule émettrice (la cellule présynaptique) à une cellule réceptrice (la cellule post-synaptique).

NEUROTRANSMETTEUR.

Substance chimique libérée par une cellule nerveuse et reçue par une autre cellule nerveuse, permettant la communication entre ces cellules.

DIFFUSION. Processus de mouvement spontané par lequel des particules se déplacent au hasard d'un endroit à un autre.

commencent à traverser la membrane de cette cellule. Cela génère une activité électrique dans la cellule réceptrice (Figure 1).

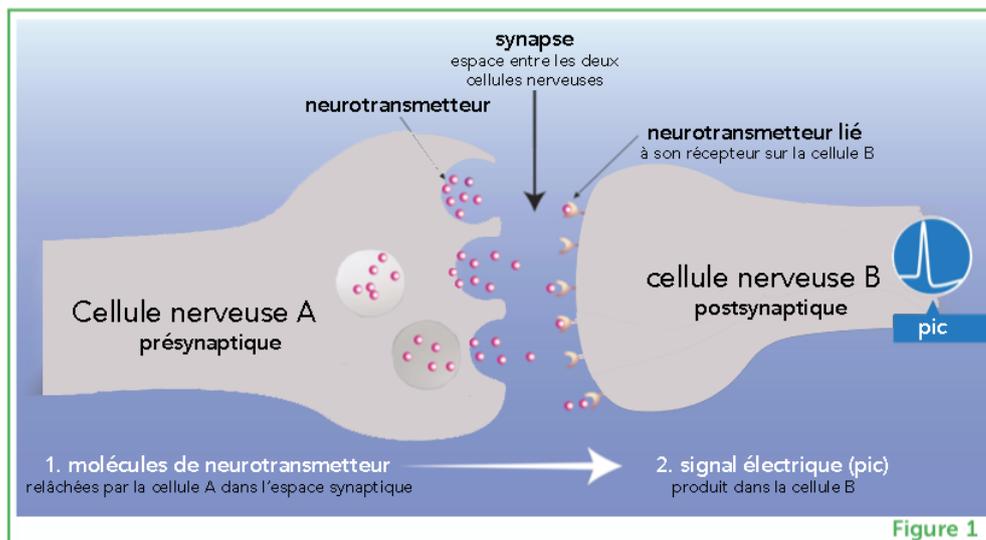


Figure 1. Messages entre les cellules nerveuses au niveau de la synapse. La communication entre les cellules nerveuses s'effectue à un point de contact entre les cellules, appelé synapse. Tout d'abord, la cellule nerveuse émettrice (présynaptique) (cellule A) libère une substance chimique, appelée neurotransmetteur, dans le petit espace entre les cellules. Le neurotransmetteur traverse cet espace et se lie à la cellule nerveuse réceptrice (post-synaptique) (cellule B). En conséquence, des canaux ioniques de la membrane de la cellule post-synaptique s'ouvrent et les ions commencent à circuler, ce qui donne lieu à un signal électrique appelé "pic".

IONS ET CANAUX MEMBRANAIRES DANS LES CELLULES NERVEUSES

La plupart des courants électriques dans le cerveau sont générés par un petit groupe d'ions — quatre en particulier. Trois de ces ions sont chargés positivement (sodium - Na^+ , potassium - K^+ et calcium - Ca^{++}) et un est chargé négativement (chlorure - Cl^-). Ces ions peuvent entrer ou sortir des cellules nerveuses à travers leurs membranes. Lorsqu'ils le font, ils modifient le **potentiel électrique** entre les deux côtés de la membrane de la cellule. Ces changements rapides du potentiel électrique de la membrane sont à l'origine des impulsions électriques (sortes de « mots » utilisés par les cellules nerveuses : ces signaux électriques sont appelés "pics" (Figure 1). On peut considérer un pic comme un éclair très court — une impulsion électrique brève (1 ms, soit 1/1 000 de seconde) et minuscule (un dixième de volt, soit 100 millivolts), qui se produit dans les cellules nerveuses lorsqu'elles sont actives.

Comment ces ions traversent-ils la barrière membranaire des cellules nerveuses pour générer une activité électrique ? Et comment le neurotransmetteur libéré par une cellule se traduit-il par une activité électrique dans la cellule réceptrice ?

Il doit y avoir quelque chose, un passage, pour permettre aux ions de traverser la membrane de la cellule réceptrice car cette membrane est

ION. Particule ayant une charge positive ou négative.

POTENTIEL ÉLECTRIQUE. Différence de charge entre deux points, dans notre cas des deux côtés de la membrane. Les ions de charge positive s'écoulent du côté le plus positif vers le moins positif.

isolante. Lorsque j'ai commencé à étudier ce domaine, le mécanisme par lequel les ions se déplacent à travers les membranes des cellules nerveuses n'était pas clair.

Avec mon collègue, le professeur Erwin Neher [2], nous avons mis au point une technique expérimentale qui nous a permis de découvrir que les ions passent vraiment d'un côté à l'autre de la membrane, en fonction de leurs **gradients chimiques**. Nous avons trouvé que les ions traversent la membrane en passant par de petits "trous", appelés pores. Ces pores sont constitués par des protéines qui servent de canaux reliant l'extérieur et l'intérieur de la cellule. Comme les ions sont les substances qui traversent ces pores, on appelle ces pores des **canaux ioniques** (Figure 2). Nous avons constaté que les canaux ioniques s'ouvrent et se ferment rapidement en réponse aux neurotransmetteurs. L'ouverture et la fermeture de canaux ioniques particuliers (par exemple, les canaux spécifiques aux ions Na^+ ou aux ions K^+) permettent au flux d'ions de traverser la membrane de la cellule. Ce flux d'ions modifie, à son tour, le potentiel électrique à travers la membrane. En réponse, la cellule réceptrice génère des pics électriques, comme une gerbe d'étincelles, le "langage" électrique de base du cerveau.

GRADIENT CHIMIQUE.

Différence de concentration d'une substance entre deux points, ici des ions de part et d'autre d'une membrane cellulaire. Le déplacement se fait du côté où la concentration est la plus élevée vers celui où elle est la plus faible.

CANAL IONIQUE. Petit trou (pore) fait de protéines insérées dans la membrane de la cellule qui, lorsqu'il est ouvert, permet le passage des ions à l'intérieur et à l'extérieur de la cellule.

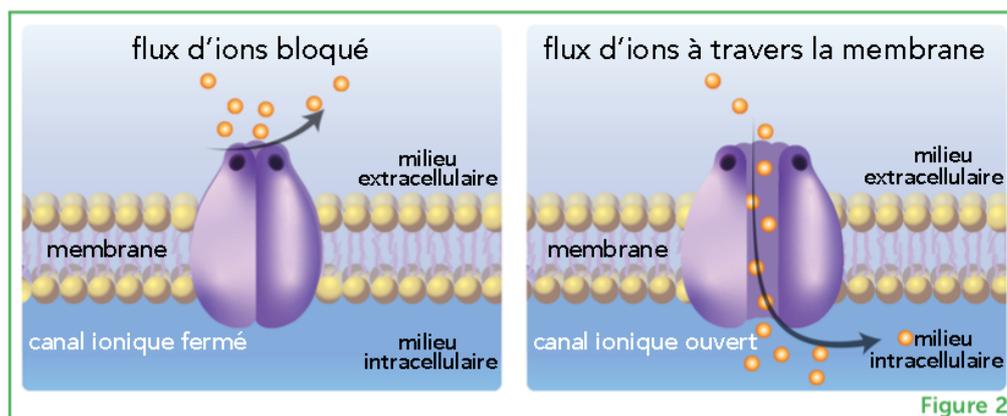


Figure 2. Canaux ioniques dans la membrane nerveuse. Les canaux ioniques (en violet) sont des pores (trous) constitués de protéines insérées dans les membranes des cellules nerveuses. Sur la cellule réceptrice (post-synaptique) (voir Figure 1), ces canaux sont généralement fermés (à gauche), mais ils s'ouvrent (à droite) en réponse aux neurotransmetteurs libérés par la cellule présynaptique. L'ouverture des canaux ioniques membranaires induit un flux d'ions (boules orange) à travers la membrane. Cela constitue le mécanisme de base pour générer l'activité électrique dans les cellules nerveuses.

DÉCOUVERTE DES CANAUX IONIQUES : LA TECHNIQUE DU PATCH CLAMP

Lorsque le professeur Neher et moi-même avons commencé à étudier le flux d'ions dans les cellules nerveuses, nous avons envisagé que le transport d'ions pouvait se faire par deux mécanismes principaux. Le premier mécanisme impliquait une molécule de transport.

Selon cette idée, des molécules spécifiques de la membrane "attrapent" un ion à la fois, le font passer de l'extérieur de la cellule à l'intérieur et l'y relâchent. On sait que ce mécanisme intervient dans d'autres processus corporels, comme la production d'énergie, où les molécules de nutriments traversent la membrane cellulaire par l'intermédiaire de molécules de transport.

Le deuxième mécanisme envisagé (que nos expériences ont confirmé par la suite) est qu'il existe des canaux ioniques dans la membrane pour des ions spécifiques. Ces canaux peuvent être ouverts ou fermés. Lorsqu'ils sont ouverts, un flot (flux) d'ions peut passer d'un côté à l'autre de la membrane, reliant l'environnement extérieur de la cellule à son environnement intérieur (Figure 2). Pour déterminer si ce mécanisme est bien responsable du transport des ions à l'intérieur et à l'extérieur des cellules lors de la génération de pics électriques, il nous fallait pouvoir analyser l'activité électrique résultant du passage d'ions à travers la membrane au niveau d'un seul canal ionique. Pour cela, nous devons isoler une très petite zone, ou "patch", de la membrane de la cellule nerveuse, dans l'espoir de mesurer le courant électrique passant par le seul canal ionique qui pourrait exister dans ce petit patch. Si des canaux ioniques existaient, nous nous attendions à observer un certain « motif » d'activité électrique correspondant à l'ouverture et à la fermeture du canal ionique, et ce « motif » électrique serait différent de celui attendu si des molécules de transport étaient utilisées pour déplacer les ions à travers la membrane.

Pour réaliser ce type de mesure du courant, nous avons dû relever deux grands défis. Tout d'abord, nous devons mesurer le flux des ions traversant le canal de la membrane dans le petit patch de membrane sans en perdre une partie. Cela est difficile car, si le dispositif d'enregistrement n'est pas hermétiquement collé à la membrane, les ions traversant la membrane par ce canal pourraient fuir latéralement avant d'entrer dans le dispositif de détection. Nous devons donc nous assurer que les ions traversant la membrane étaient forcés de s'écouler dans le détecteur.

Le deuxième défi consistait à faire la distinction entre les deux types de courants qui traversent la membrane des cellules nerveuses. Il s'avère que la membrane est toujours électriquement active, un phénomène appelé bruit de fond. Le bruit de fond se présente comme une activité électrique constante différente de l'activité électrique liée au flux d'ions à travers la membrane en réponse aux neurotransmetteurs. Le bruit de fond peut être très important par rapport au courant que nous voulions mesurer à partir de l'ouverture d'un seul canal membranaire. Nous avons donc dû trouver un moyen de réduire le bruit de fond afin qu'il n'écrase pas (ou ne "masque" pas) le courant impliquant les canaux ioniques individuels.

Nous avons résolu ces deux problèmes en utilisant un tube de verre très fin appelé pipette, dont l'extrémité a un diamètre d'environ un micromètre (1/1 000 de millimètre) (Figure 3A). L'autre extrémité de la pipette est équipée d'un ampèremètre, qui mesure le courant électrique. L'extrémité de la pipette est fortement appuyée contre une petite partie de la membrane de la cellule et une succion est appliquée, créant un contact très étroit entre l'extrémité de la pipette et la membrane afin de garantir qu'aucune fuite d'ions ne peut se produire. L'enregistrement à partir d'une si petite partie de la membrane réduit également le bruit de fond et améliore donc l'enregistrement du flux d'ions à travers le canal ionique étudié.

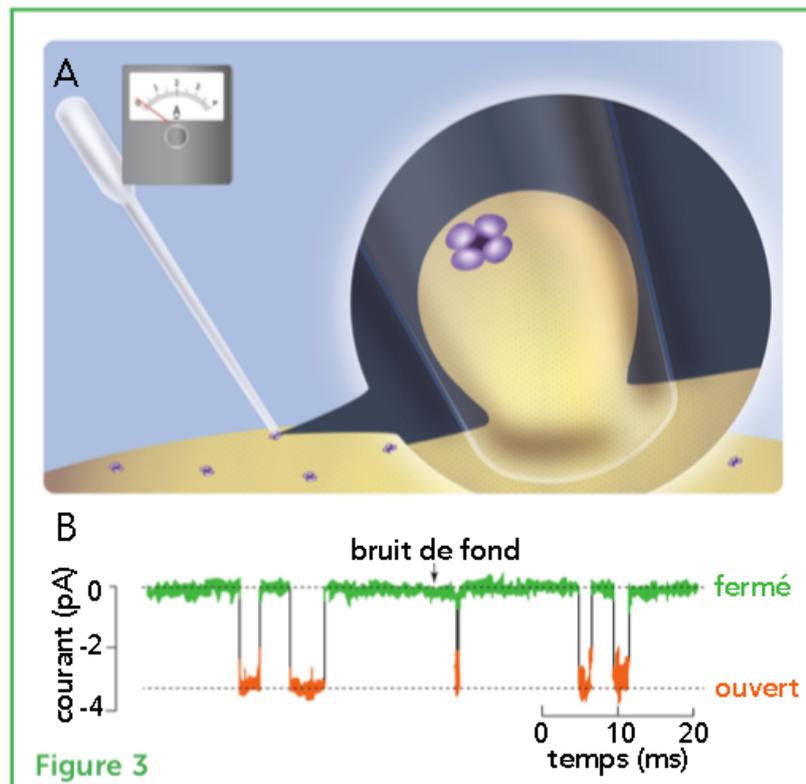


Figure 3. Flux de courant à travers les canaux ioniques membranaires. (A) La technique du patch clamp. L'extrémité d'une fine pipette en verre est accolée à une petite partie de la membrane cellulaire contenant un canal ionique (violet, voir la version agrandie à droite). La pipette contient un neurotransmetteur qui se lie à la membrane et ouvre un canal ionique, ce qui permet aux ions de traverser la membrane. Le courant traversant le canal ionique est mesuré par un ampèremètre connecté à la pipette. (B) Mesure du courant circulant à travers un seul canal ionique dans un petit patch membranaire. Ce canal ionique s'ouvre et se ferme spontanément en réponse à l'attachement (liaison) (ouvert) et au détachement (fermé) du neurotransmetteur au récepteur membranaire (Figure 1). Lorsque le canal ionique est fermé, un courant de fond est mesuré (vert). Lorsque le canal ionique s'ouvre, un courant rapide descendant est observé (orange) (Figure adaptée de Neher et Sakmann [2]).

CIRCULATION DU COURANT DANS LE CANAL IONIQUE

En l'absence de neurotransmetteur, nous avons constaté qu'aucun courant ne passait par le canal et que seul un bruit de fond mineur était observé (Figure 3B).

Lorsqu'un neurotransmetteur se lie à la membrane, le canal ionique s'ouvre très rapidement, de manière progressive, ce qui permet le passage d'un courant électrique minuscule de quelques picoampères à travers la membrane [2-4] (un picoampère est égal à 10^{-12} ampères). Le détachement du neurotransmetteur entraîne la fermeture du canal (Figure 3B). Nous avons constaté que le canal ionique restait ouvert ou fermé pendant seulement quelques millisecondes (une milliseconde correspond à 1/1 000 de seconde) et que la durée de l'état ouvert et l'intervalle de temps entre les ouvertures du canal variaient, en raison de la fixation sporadique de molécules de neurotransmetteur. Comme tu peux le voir sur la Figure 3B, l'amplitude du courant lorsqu'il circule dans le canal ouvert est assez constante.

Après avoir mesuré le minuscule courant qui traversait le patch de membrane et effectué quelques calculs, nous avons estimé qu'environ 10 000 ions traversaient le petit patch de membrane toutes les millisecondes. Cela nous a appris que l'ouverture des canaux ioniques, plutôt que le transport des ions par les molécules de transport, est le mécanisme qui permet aux ions de diffuser à travers la membrane de la cellule ! En effet, les molécules de transport sont trop lentes pour transporter les ions à travers la membrane à une vitesse aussi élevée. Il s'agit d'une découverte importante, car elle confirme l'existence et la fonction des canaux ioniques en tant que mécanisme de base produisant l'activité électrique, y compris le pic d'activité, dans les cellules nerveuses. Ces canaux ioniques sont également responsables de la formation de l'activité électrique dans d'autres tissus "excitables", tels que les muscles périphériques et le cœur.

En outre, il était important de comprendre le fonctionnement des canaux ioniques membranaires, car de nombreux troubles neurologiques (ainsi que des troubles du muscle cardiaque et d'autres tissus de l'organisme) sont dus à des dysfonctionnements des canaux ioniques. C'est pourquoi le nouveau terme "canalopathies" a été inventé pour décrire la très vaste famille de maladies causées par des défauts de fonctionnement des canaux ioniques. Pour la découverte des canaux ioniques membranaires et de leur fonction, mon collègue, le professeur Erwin Neher, et moi-même avons reçu le prix Nobel de physiologie ou médecine en 1991.

RECOMMANDATIONS AUX JEUNES

Je commencerai par te dire la chose la plus importante que j'ai apprise de mon superviseur scientifique, le professeur Bernard Katz, qui a également reçu le prix Nobel de physiologie ou médecine en 1970. Il m'a appris qu'il faut être très critique vis-à-vis de ses résultats et toujours être prêt à accepter de nouvelles découvertes qui pourraient invalider les précédentes, aussi désagréable que cela puisse être. J'essaie de transmettre cette leçon à mes étudiants et de leur

apprendre à être critiques vis-à-vis de leurs résultats. Cela est particulièrement vrai quand on travaille sur des tissus biologiques : il existe de nombreuses interactions que nous ne pouvons pas contrôler et qui doivent être prises en considération. Ainsi, lorsque mes étudiants font une nouvelle découverte, je leur conseille de la garder pour eux pendant un certain temps et de répéter leurs expériences pour essayer de confirmer leurs résultats encore et encore. Ils ne devraient publier leurs résultats que lorsqu'ils sont totalement convaincus qu'ils sont corrects.

D'un point de vue plus général, je pense qu'une bonne vie est une vie qui nous donne l'occasion de satisfaire notre curiosité et éventuellement de découvrir quelque chose de nouveau. Pour d'autres, une bonne vie peut signifier gagner beaucoup d'argent ou être reconnu par les autres, et c'est tout à fait normal. Je pense que le métier de scientifique est le meilleur choix que tu puisses faire, mais seulement si tu es curieux de la nature. N'essaie pas de devenir un scientifique parce que tu penses que c'est une profession prestigieuse. Si tu ne brûles pas d'envie de découvrir des choses, il vaut mieux choisir une autre profession, une profession qui te fait brûler d'excitation et de passion.

REMERCIEMENTS

Je remercie Noa Segev d'avoir réalisé l'interview qui a servi de base à cet article et pour en être le co-auteur.

RÉFÉRENCES

- [1] Katz, B. 1971. Quantal mechanism of neural transmitter release. *Science*. 173:123–6.
- [2] Neher, E., and Sakmann, B. 1992. The patch clamp technique. *Sci. Am*. 266:44–51.
- [3] Hamill, O. P., and Sakmann, B. 1981. Multiple conductance states of single acetylcholine receptor channels in embryonic muscle cells. *Nature*. 294:462–4.
- [4] Bormann, J., Hamill, O. P., and Sakmann, B. 1987. Mechanism of anion permeation through channels gated by glycine and gamma-aminobutyric acid in mouse cultured spinal neurones. *J. Physiol*. 385:243–86.

VERSION FRANÇAISE

Cet article d'accès libre est une traduction avec modifications d'un article publié par Frontiers for Young Minds (doi: 10.3389/frym.2022.858193 ; Sakmann B (2022) Sparks in the Brain: The Story of Ion Channels and Nerve Cells. *Front. Young Minds*. 10:858193).

TRADUCTION : Nicole Pasteur, Association Jeunes Francophones et la Science

ÉDITION : Jean-Marie Clément, Association Jeunes Francophones et

la Science

ARTICLE ORIGINAL (VERSION ANGLAISE)

SOU MIS le 24 janvier 2022; **ACCEPTÉ** le 25 août 2022.

PUBLIÉ EN LIGNE le 1^{er} novembre 2022.

ÉDITEUR : Casey Lew-Williams

MENTOR SCIENTIFIQUE : Ivette Planell-Mendez

CITATION : Sakmann B (2022) Sparks in the Brain: The Story of Ion Channels and Nerve Cells. *Front. Young Minds*. 10:858193. doi: 10.3389/frym.2022.858193

DÉCLARATION DE CONFLIT D'INTÉRÊT

Les auteurs déclarent que les travaux de recherche ont été menés en l'absence de toute relation commerciale ou financière pouvant être interprétée comme un conflit d'intérêt potentiel.

DROITS DE REPRODUCTION :

Copyright © 2022 Sakmann

Cet article en libre accès est distribué conformément aux conditions de la licence Creative Commons Attribution (CC BY). Son utilisation, distribution ou reproduction sont autorisées, à condition que les auteurs d'origine et les détenteurs du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans cette revue soit citée conformément aux pratiques académiques courantes. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

JEUNES EXAMINATEURS

ANGELIQUE, 15 ANS

Je m'appelle Angélique, je suis élève de Mme Vidalon, en classe de sciences de 7^{ème} année au collège Dodd. Ce que je préfère, c'est regarder des films et des émissions qui parlent d'argent et de meurtre. Ce sont aussi mes domaines d'études préférés, la finance et la criminologie. Je suis excellente en maths, j'ai été major à l'examen de fin d'année et j'obtiens régulièrement des prix en mathématiques. J'aspire à devenir entrepreneur dans le futur, et major de promotion au lycée.

CHASE, 14 ANS

Je suis élève dans la classe de sciences de M. Capaccioo, en 8^e année, au collège Dodd.

DANIELA, 13 ANS

Je m'appelle Daniela et je suis élève dans la classe de sciences de Mme Vidalon, en 7^{ème} année, au collège Dodd. Ma matière préférée est les mathématiques. J'ai deux sœurs et un frère. J'aime lire des livres fantastiques et d'aventure.

JAYDEN, 16 ANS

Je m'appelle Jayden et je vais faire carrière dans l'informatique. La lecture de cet article a été une expérience formidable, car il était très intéressant. Je pense que davantage d'enfants devraient lire ces articles, car ils permettent d'apprendre beaucoup de choses sur des sujets ignorés de la plupart des gens.

JEFFREY, 17 ANS

Bonjour, je m'appelle Jeffrey. J'ai un frère, une sœur et un lapin. Ma matière préférée est la science et plus particulièrement la physique. Je suis actuellement étudiant en physique AP 1 et 2 avec le Dr Capalbo.

JONOVAN, 14 ANS

Je m'appelle Jonovan et je suis élève de la classe de sciences de la Terre de M. Capaccio, en classe de quatrième. J'aime les sciences et les mathématiques.

SHANIA, 16 ANS

Je suis élève de Mme Parigoris en classe de sciences de seconde au lycée de Freeport. J'aime voyager et admirer de nouveaux paysages. Ma série préférée est Criminal Minds et mon artiste musical préféré est Abel Tesfaye, également connu sous le nom de "The Weekend".

AUTEUR

BERT SAKMANN

Bert Sakmann est professeur à l'Institut Max Planck de neurobiologie à Munich, en Allemagne. Le professeur Sakmann a d'abord suivi une formation de médecin à l'Université Ludwig-Maximilian de Munich. Au cours de ses études, il a été exposé aux domaines de la biophysique et de la neurophysiologie. En raison de son intérêt pour ces domaines, il a décidé de s'orienter vers les neurosciences et d'étudier la manière dont les signaux électriques sont générés et transmis dans le cerveau. En 1971, le professeur Sakmann s'est installé à l'University College de Londres, où il a travaillé sous la supervision du professeur Bernard Katz (prix Nobel 1970 de physiologie ou médecine, pour ses découvertes sur le fonctionnement des neurotransmetteurs dans les cellules nerveuses). En 1974, le professeur Sakmann a rejoint le département de neurobiologie de l'Institut Max Planck de chimie biophysique de Göttingen, en Allemagne, où il a rencontré son collaborateur, le professeur Erwin Neher, avec lequel il a mis au point la technique du patch clamp qui a conduit à la découverte de canaux ioniques pour laquelle ils ont reçu le prix Nobel de physiologie ou médecine en 1991. Sakmann a utilisé une partie de son prix Nobel pour créer la conférence annuelle Bernhard Katz, en collaboration avec la Fondation Humboldt, afin de promouvoir la collaboration entre les jeunes scientifiques israéliens et allemands. En 1979, le professeur Sakmann est devenu chercheur associé à l'Institut Max Planck de chimie

biophysique. En 1988, il s'est installé à Heidelberg en tant que directeur de l'Institut Max Planck pour la chimie biophysique. En 2008, il a rejoint l'Institut Max Planck de neurobiologie à Munich, où il a créé et dirigé le groupe "Cortical Column in silico". De 2009 à 2011, il a été le premier directeur du Max Planck Florida Institute. Il a joué un rôle majeur dans la création du Centre Edmond et Lily Safra pour les sciences du cerveau (ELSC) à l'Université hébraïque de Jérusalem, en Israël. Au cours de sa carrière, le professeur Sakmann a reçu plusieurs prix importants, notamment le prix Louisa Gross Horwitz (1986), le prix Louis-Jeantet de médecine (1988), le prix Magnes de l'Université hébraïque (1982) et le prix Harvey du Technion (1991), le prix Nobel de physiologie ou médecine (1991) et le prix Fellowship of the Royal Society (1994). Le professeur Sakmann est l'heureux père de trois enfants et le grand-père de cinq petits-enfants. *bs@mpimf-heidelberg.mpg.de