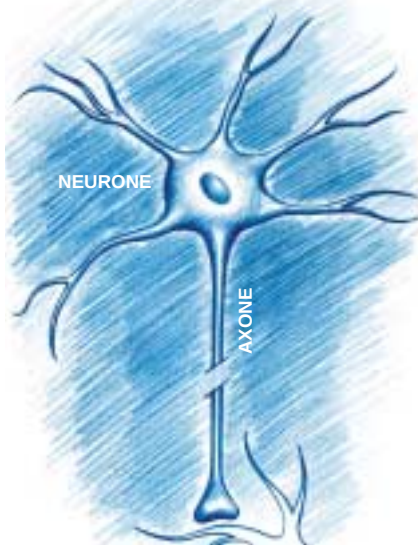




La propagation de l'influx nerveux

ROLAND LEHOUCQ

Les vertébrés ont surtout des fibres nerveuses couvertes de myéline où la propagation de l'influx nerveux est plus rapide que sans cette substance.

Souvent, on assimile le système nerveux à un vaste réseau de fils électriques qui permettrait aux signaux électriques de se propager entre le cerveau et les organes. La réalité est bien différente. Alors que l'électricité se propage dans un fil de cuivre à une vitesse proche de celle de la lumière (300 000 kilomètres par seconde), l'impulsion nerveuse est transportée par une fibre à une vitesse au plus égale à 100 mètres par seconde. Par ailleurs, la résistance au passage du courant électrique d'une fibre nerveuse est 100 millions de fois supérieure à celle d'un fil de cuivre, et elle est bien mal isolée de son environnement : la membrane qui la renferme est un million de fois plus perméable au courant électrique que la gaine d'un bon câble électrique.

Comment l'influx nerveux se propage-t-il alors que la fibre nerveuse est un si piètre conducteur électrique ?

La propagation de l'influx nerveux le long d'une fibre nerveuse, ou axone, est entièrement déterminée par sa structure. Les axones les plus simples sont formés d'un liquide, l'axoplasme, entouré d'une membrane cylindrique épaisse d'environ sept nanomètres et constituée d'une double couche de lipides (voir la figure 1). L'axoplasme et le liquide cellulaire qui baigne l'axone contiennent un grand nombre d'espèces chimiques chargées, notamment des ions chlorure (Cl^-), calcium (Ca^{2+}) et sodium (Na^+).

D'une part, ces charges ont des signes

différents et, d'autre part, leur concentration de chaque côté de la membrane diffère, de sorte que lorsqu'on mesure la différence de potentiel entre l'axoplasme et le liquide extérieur, on trouve une valeur comprise entre -40 et -100 millivolts, selon les espèces animales. La membrane est donc soumise à un champ électrique intense d'environ 10^7 volts par mètre (le quotient de la différence de potentiel et de l'épaisseur de la membrane).

Le signe de la différence de potentiel entre les deux côtés de la membrane traduit le fait qu'il y a un excès de charges négatives sur la paroi interne de la membrane. Comment en estimer la densité ? En assimilant une tranche de membrane à un condensateur : chaque côté de la membrane représente une plaque du condensateur et la membrane figure l'isolant entre les plaques.

Cependant, l'isolant du «condensateur membranaire» n'est pas parfait. Tout se passe comme si une résistance, montée en parallèle du condensateur, le vidait en une milliseconde environ. Autrement dit, si l'on assimile la membrane à un condensateur chargé, la différence

de potentiel ne resterait pas constante : des charges doivent se déplacer pour conserver la différence de potentiel mesurée au repos.

Par ailleurs, l'axoplasme est lui aussi conducteur électrique, mais un mauvais conducteur. Au-delà d'une longueur d'environ un millimètre, la résistance mem-

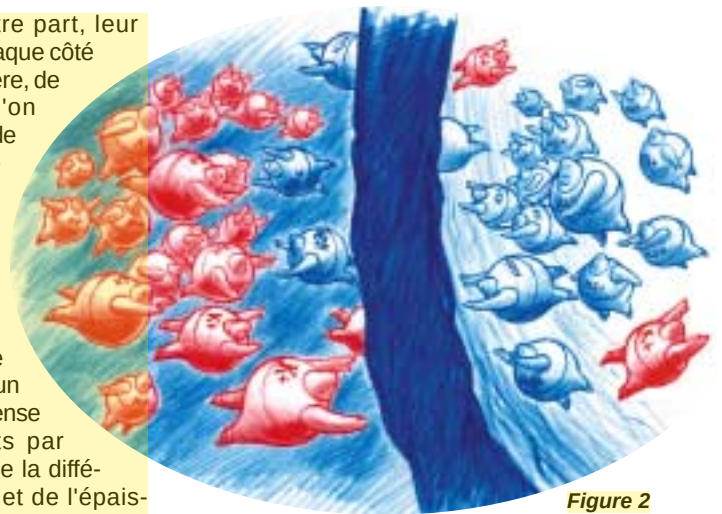


Figure 2

branaire perpendiculaire à la fibre est inférieure à la résistance de l'axoplasme : le courant s'écoule donc plus facilement dans la membrane et l'axoplasme se vide de son courant (la résistance membranaire le long de la fibre est très élevée, de sorte que le courant ne peut se propager le long de la membrane). Ainsi, il est impossible de transmettre un signal électrique par simple conduction dans l'axoplasme sur des distances supérieures à un millimètre. Là encore, c'est le transfert de charge au travers de la membrane qui va venir au secours de la piètre conduction de l'axoplasme.

TRANSFERT SALUTAIRE

Les fluides baignant la membrane transportent des ions. Dans une fibre au repos, les différences de concentration en ions sont très importantes entre l'extérieur et l'intérieur : dans l'axoplasme, les ions sodium Na^+ et chlorure Cl^- sont déficitaires, alors que les ions potassium K^+ sont en surnombre. Ces différences engendrent un flux ionique à travers la membrane, qui tendra à équilibrer les concentrations. Le flux d'ions est donc dirigé vers l'extérieur pour K^+ et vers l'intérieur pour Na^+ et Cl^- .

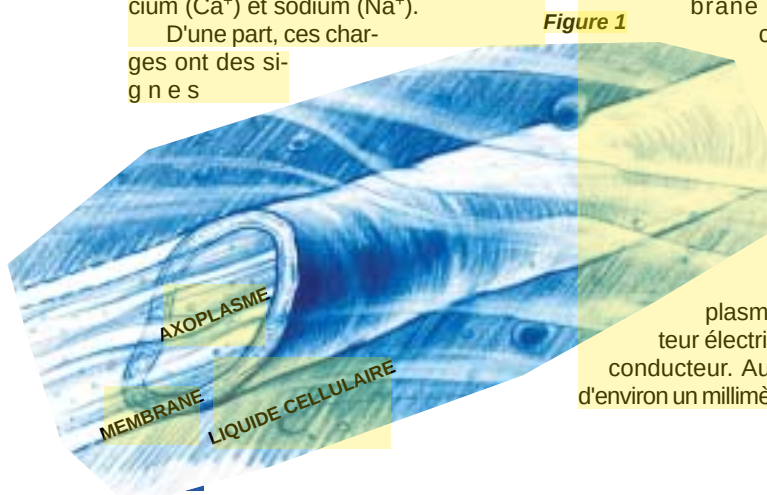


Figure 1