

D. Les neurones, un système de transmission de l'information

Le potentiel d'action

1 Sentir la pointe d'un objet
Quand vous marchez sur un objet pointu, vous ressentez la douleur presque immédiatement, parce que les neurones transmettent l'information au cerveau à près de 320 km/h. Ressentir la douleur implique une série d'événements électrochimiques comme :

- Certains stimuli produisent un changement dans l'énergie électrochimique du corps. Par exemple, la punaise produit une pression mécanique sur la plante du pied.
- Les récepteurs sensoriels de la peau captent cette pression et la transforment en impulsions électriques (nous traiterons de différents types de récepteurs sensoriels au chapitre 4).
- Ces impulsions électriques traversent l'axone du neurone et l'information est transmise à la moelle épinière et au cerveau.
- Finalement, le cerveau décode ces impulsions nerveuses et « signale » qu'il y a une douleur au pied.

2 La membrane de l'axone: des portes chimiques
Pour comprendre comment les axones transmettent les impulsions électriques (étape 1c), faisons l'analogie avec une pile électrique. Les axones possèdent une enveloppe protectrice semblable à celle qui entoure une pile. Les axones sont en quelque sorte de longs tubes remplis et entourés de liquide. La mince membrane qui enveloppe le tube isole le liquide interne du liquide externe et possède aussi des ouvertures qui permettent leur communication.

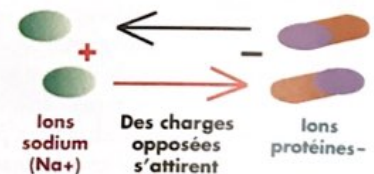


La membrane d'un axone est munie de « portes » (en rouge sur l'illustration) qui s'ouvrent pour permettre à des particules électriquement chargées d'entrer, ou se ferment pour les en empêcher.

L'énergie que fournit une pile est produite par des réactions entre les substances chimiques qu'elle contient; c'est également ainsi qu'un axone peut propager de l'information sous forme d'impulsions électriques.

3 Les ions: des particules chargées électriquement Le liquide à l'intérieur de l'axone et celui qui l'entoure contiennent des ions.

Les ions sont des particules chimiques qui portent une charge électrique (positive ou négative). Les ions de charges opposées s'attirent, tandis que ceux de même charge se repoussent.



Le liquide contenu dans l'axone et celui qui l'entoure contiennent plusieurs ions différents: sodium, potassium, chlorure, protéines.

Par exemple, les ions sodium (Na⁺), de charge positive, et les ions protéines (protéines⁻), de charge négative, s'attirent. Comme la membrane de l'axone sépare les ions Na⁺ et les ions protéines⁻, on obtient une pile vivante (voir l'illustration de la section 4, à la page suivante).

La suite: les impulsions nerveuses

6 Transmettre de l'information
On imagine souvent qu'un seul potentiel d'action est activé dans l'axone, un peu comme un projectile qui, une fois tiré, atteint une cible. En fait, plusieurs potentiels d'action sont activés, segment par segment, tout au long de l'axone vers son extrémité. Ce mouvement s'appelle l'impulsion nerveuse.

L'impulsion nerveuse consiste en une série de potentiels d'action distincts qui se déplacent de segment en segment le long d'un axone pour en atteindre l'extrémité.

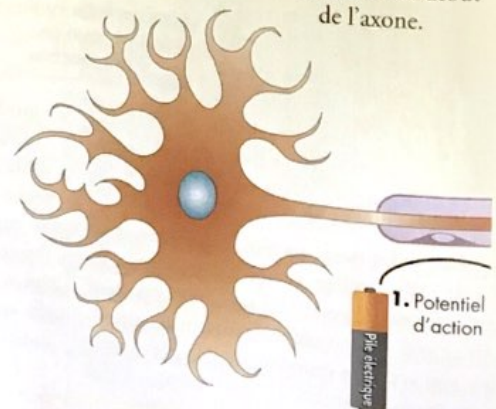
Plutôt que d'éclater d'un seul coup comme un pétard, l'impulsion nerveuse se propage tout le long de l'axone, un peu à la façon d'une mèche allumée qui ne s'éteint pas d'un coup, mais brûle jusqu'à la fin. Ce mouvement de l'impulsion nerveuse jusqu'à l'extrémité d'un axone obéit à la loi naturelle du tout ou rien.

7 La loi du tout ou rien C'est la loi du tout ou rien qui explique qu'une impulsion nerveuse se propage le long d'un axone.

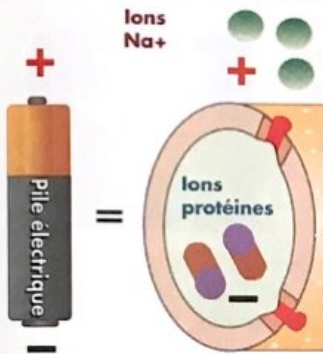
La loi du tout ou rien stipule que, si un stimulus provoque un potentiel d'action au début d'un axone, celui-ci se propagera de segment en segment à une vitesse constante jusqu'à l'extrémité de l'axone.

C'est ce que montre l'illustration ci-contre.

8 L'impulsion nerveuse L'illustration, qui se poursuit à la page suivante, montre que l'impulsion nerveuse consiste en une succession de six potentiels d'action, du début à la fin de l'axone, le premier survenant au début de l'axone.



4 L'état de repos: une pile chargée La membrane de l'axone agit comme une frontière qui empêche les ions Na^+ (à l'extérieur) et les ions protéines - (à l'intérieur) de réagir ensemble. Cette séparation produit un effet semblable à celui d'une pile chimique miniature qui n'a pas déchargé (au repos).



On parle d'état de repos pour indiquer qu'un axone possède une charge, ou un potentiel, comme une pile électrique. Cette charge est le résultat de la présence d'ions positifs et d'ions négatifs, isolés les uns des autres par la membrane de l'axone.

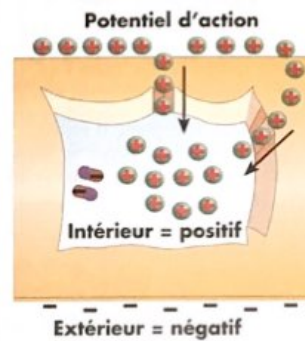
À cause de plusieurs facteurs, la membrane d'un axone au repos possède une charge. Nous ne parlerons ici que de l'un de ces facteurs: la pompe à sodium.

La pompe à sodium est un système de transport qui permet l'expulsion immédiate des ions Na^+ qui ont pénétré à l'intérieur d'un axone et leur renvoi à l'extérieur, par les portes chimiques. La pompe à sodium permet ainsi de garder l'axone chargé.

À l'état de repos, l'axone ressemble à une pile qui a une pleine charge. Voyons maintenant ce qui se passe quand cet état de repos est perturbé.

5 Le potentiel d'action: transmettre l'information Si un stimulus (revenons à notre punaise!) est assez important pour exciter un neurone, deux choses se passent dans l'axone: l'arrêt de la pompe à sodium provoque l'ouverture des portes chimiques; puis des milliers d'ions Na^+ se précipitent alors à l'intérieur de l'axone, attirés par les ions protéines -. C'est ce mouvement soudain et rapide qu'on appelle potentiel d'action.

Le potentiel d'action est un très faible courant électrique, généré par l'entrée d'un très grand nombre d'ions Na^+ dans l'axone. L'augmentation du nombre d'ions Na^+ à l'intérieur de l'axone en renverse la charge: celle-ci devient positive à l'intérieur et négative à l'extérieur.



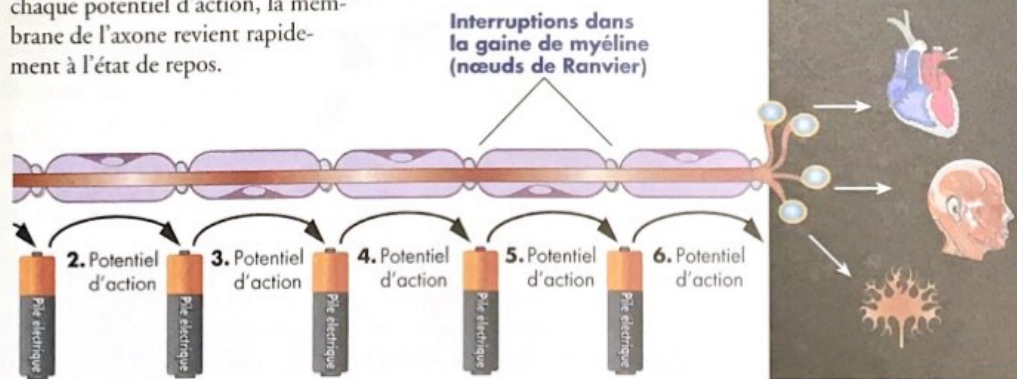
5a Tout comme quand on connecte les deux pôles d'une pile, le courant circule; le courant circule aussi quand les ions Na^+ pénètrent massivement dans l'axone.

5b Pendant un potentiel d'action, l'intérieur de l'axone devient positif et l'extérieur négatif; immédiatement après, la pompe à sodium redémarre, et l'axone revient à l'état de repos (négatif à l'intérieur, positif à l'extérieur).

Une fois un potentiel d'action déclenché au début d'un axone, celui-ci se propage à une vitesse fulgurante jusqu'à l'autre extrémité: c'est la transmission de l'impulsion nerveuse.

8a Selon la loi du tout ou rien, quand l'impulsion nerveuse est déclenchée, elle se rend jusqu'au bout de l'axone. Autrement dit, quand le potentiel d'action 1 est activé, il est suivi par les potentiels d'action 2, 3, 4, 5 et 6. Après chaque potentiel d'action, la membrane de l'axone revient rapidement à l'état de repos.

8b La gaine de myéline qui recouvre l'axone est interrompue à intervalles réguliers. À ces endroits (nœuds de Ranvier), l'axone n'est donc pas recouvert; c'est là que les portes s'ouvrent et que le potentiel d'action se produit.



9 Les boutons terminaux et les neurotransmetteurs

Quand l'impulsion nerveuse atteint le bout de l'axone, le tout dernier potentiel d'action (6) agit sur les boutons terminaux en déclenchant la libération des neurotransmetteurs contenus dans leurs vésicules synaptiques.

Une fois libérés, les neurotransmetteurs traversent la fente synaptique et, selon leur type, excitent ou inhibent le fonctionnement d'organes (cœur), de muscles ou de neurones voisins.

Les neurotransmetteurs sont donc d'une importance vitale pour que s'établisse la communication avec les organes, les muscles et les autres neurones.