



Un cerveau humain compte en moyenne 10 milliards de neurones regroupés en réseaux dans lesquels un neurone est en moyenne connecté à plusieurs milliers d'autres.

La morphologie exacte de ces cellules varie beaucoup en fonction de leur localisation exacte mais respecte une structure en deux compartiments qui font la beauté et l'originalité de ces cellules, avec un arbre dendritique extrêmement ramifié d'une part, qui recueille l'information en provenance des autres neurones, et l'axone d'autre part qui constitue le pôle émetteur du neurone. Ces deux compartiments sont formés de longs prolongements de diamètre de l'ordre du micromètre, pouvant atteindre des longueurs aussi grandes que le mètre dans le cas de l'axone lorsque celui-ci quitte le cerveau pour former, avec d'autres, les nerfs de nos membres.

Il peut être intéressant d'étudier des neurones en dehors de l'environnement du cerveau, par exemple en les extrayant d'embryons de souris et en les faisant se développer au fond de boîtes de pétri conservées à l'intérieur d'un incubateur.

Ces dites "cultures de neurones" sont un outil précieux pour l'étude des mécanismes de formation des réseaux neuronaux, dont l'intérêt va au-delà des neurosciences pour rejoindre par exemple celui des architectures neuromorphiques des ordinateurs de demain. Cette dernière application requiert cependant des réseaux à architectures contrôlés in vitro, où sont également maîtrisées les positions des dendrites et de l'axone.

Grâce à l'emploi de techniques issues de la micro-électronique permettant de localiser les cellules et de guider leurs connexions, nous sommes en mesure de créer in vitro des réseaux de géométrie quelconque. De plus, en jouant sur les détails de ces formes neuronales imposées, notamment en introduisant des courbures (voir le film ci-joint), nous pouvons définir à priori la position exacte de l'axone et ainsi contrôler le sens de circulation de l'information dans les réseaux.

Les mécanismes à la base de cette localisation sélective des pôles récepteur et émetteur de l'information font appel aux propriétés mécaniques, et en particulier élastiques, des prolongements neuronaux. Ceux-ci se révèlent de ce fait des câbles électriques d'un genre tout à fait particulier.

Nous avons pu ainsi déterminer que l'axone était le prolongement le plus tendu, poussant préférentiellement sur des chemins rectilignes, tandis que les futures dendrites pouvaient s'accommoder de chemins courbes.

Ces études enrichissent une vision biomécanique du neurone, tandis que le développement à l'Institut Néel de puces en silicium nous donnera bientôt la possibilité de mesurer les propriétés électriques de micro-circuits neuronaux in vitro.