

NEURONE ET FIBRE MUSCULAIRE : LA COMMUNICATION NERVEUSE

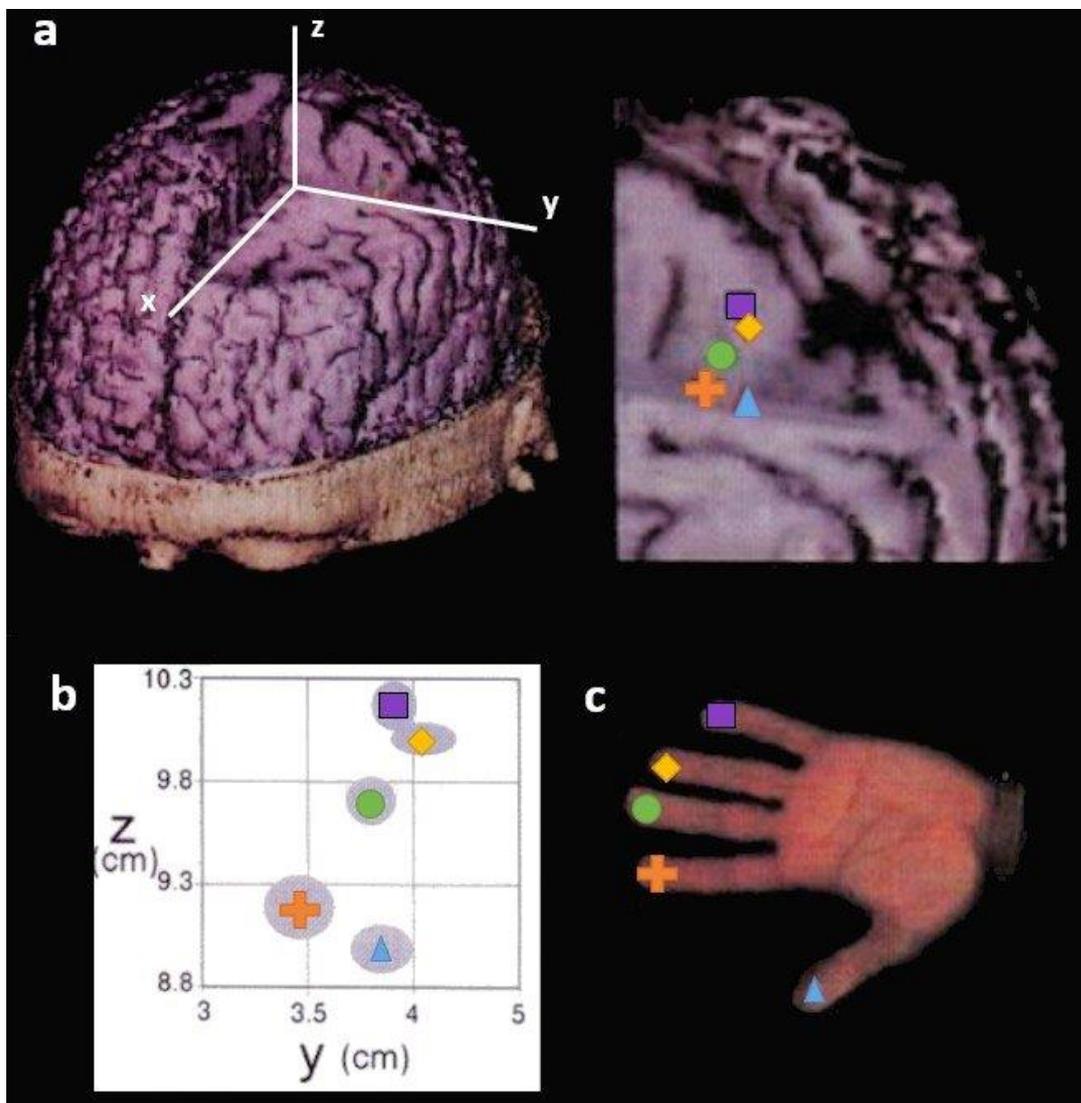
Un patient est atteint de syndactylie : certains de ses doigts sont soudés. Il a des difficultés à différencier les sensations tactiles en provenance des différents doigts (faible discrimination tactile). Une intervention chirurgicale a permis la séparation de son petit doigt d'avec les autres doigts. Une amélioration de la discrimination tactile a été obtenue à la suite de cette opération.

En vous appuyant sur les données d'imagerie cérébrales présentes dans les documents et vos connaissances, expliquer la faible discrimination tactile du patient atteint de syndactylie et l'amélioration observée après l'opération.

Document 1 : Représentation somatotopique (a et b) et photographie de la main gauche correspondante (c) chez un homme adulte non atteint de syndactylie

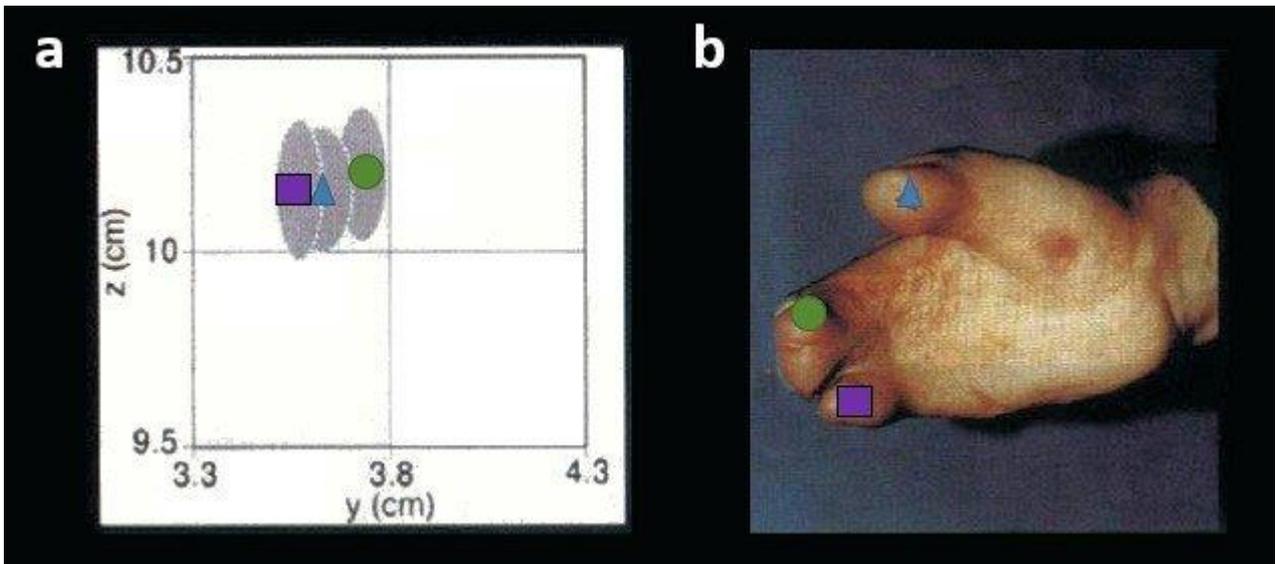
Les techniques d'enregistrement de magnétoencéphalographie (MEG) par microélectrodes ont permis de localiser les zones du cortex somatotopiques* activées lors d'une sensation tactile.

*somatotopique : relatif à la somatotopie, représentation du corps au sein d'une structure nerveuse permettant la discrimination spatiale des impressions sensibles.



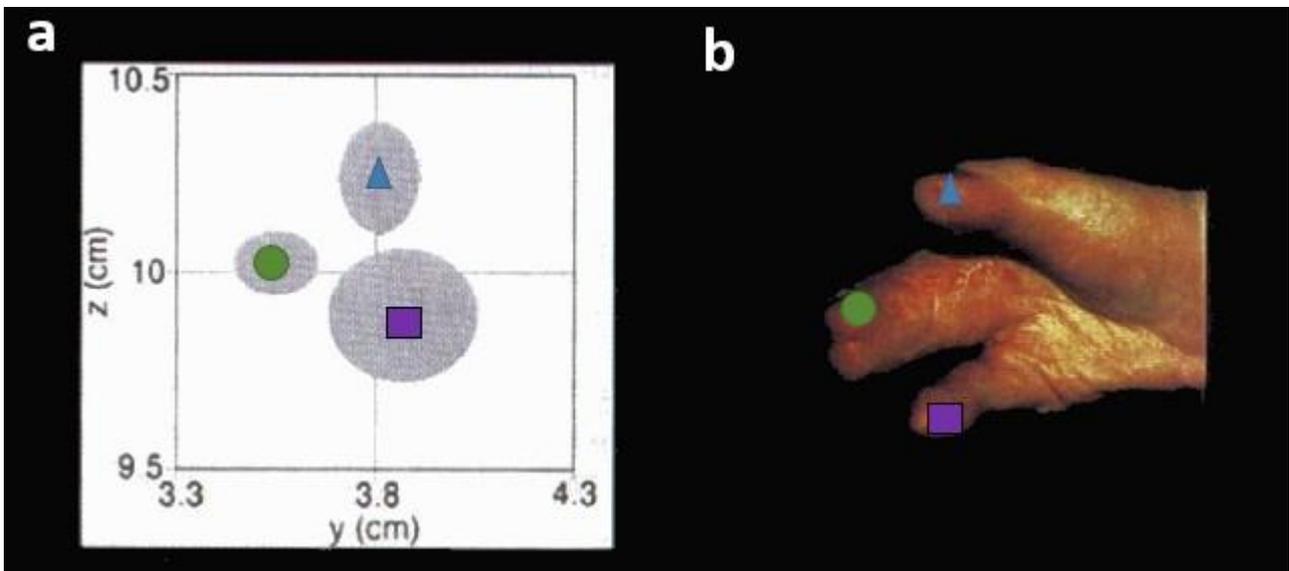
a : localisation des aires somatotopiques des doigts de la main gauche dans le cortex cérébral de l'hémisphère droit.
b : représentation dans le plan (YZ) de ces aires somatotopiques. Les zones grises représentent les erreurs standards.
c : doigts de la main gauche et symboles utilisés.

Document 2 : Représentation somatotopique (a) et photographie de la main droite correspondante (b) chez le patient atteint de syndactylie avant opération



Le patient atteint de syndactylie a le majeur et l'annulaire soudés et le petit doigt partiellement soudé (son index étant absent)

Document 3 : Représentation somatotopique (a) et photographie de la main droite correspondante (b) chez le patient atteint de syndactylie après opération



L'opération a permis la séparation du petit doigt.

D'après Mogilner et al, in Neurobiology 1993

NEURONE ET FIBRE MUSCULAIRE : LA COMMUNICATION NERVEUSE

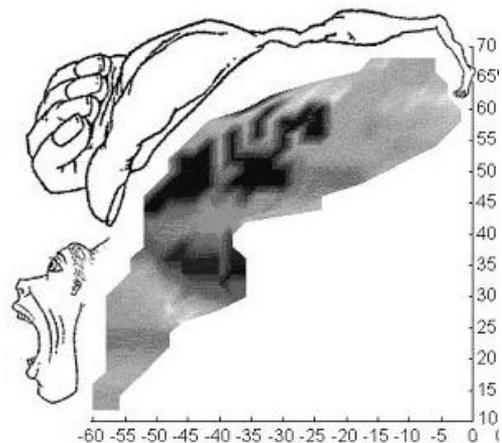
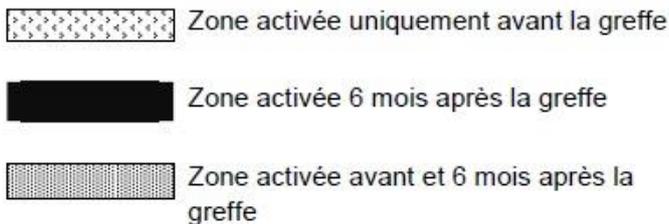
Les recherches sur le cerveau et les techniques d'imagerie ont dévoilé les capacités du cerveau à se réorganiser chez les individus adultes.

À partir de l'exploitation des documents proposés, indiquer les caractéristiques de la plasticité cérébrale du cortex moteur et les conditions de son développement.

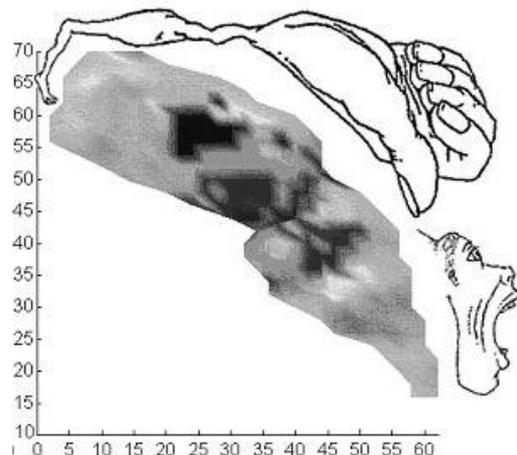
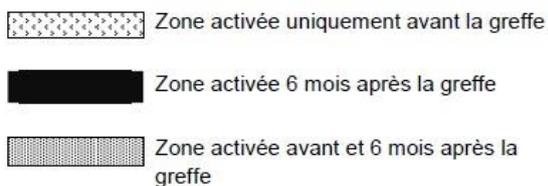
Document 1 : Étude de l'activité du cortex moteur après une greffe des deux mains.

Un homme a subi en 1996 la section accidentelle de ses deux mains. En 2000, soit 4 ans après l'amputation, une greffe bilatérale des mains a été pratiquée à Lyon. Les mouvements de la main sont effectués grâce aux muscles de l'avant-bras. Avant l'opération, cet homme amputé des mains pouvait contracter les muscles de ses avant-bras.

Document 1a : Évolution de la carte d'activation obtenue dans le cortex moteur de l'hémisphère gauche (qui contrôle la main droite) lorsque le patient exécute des mouvements de la main droite avant et après l'opération.



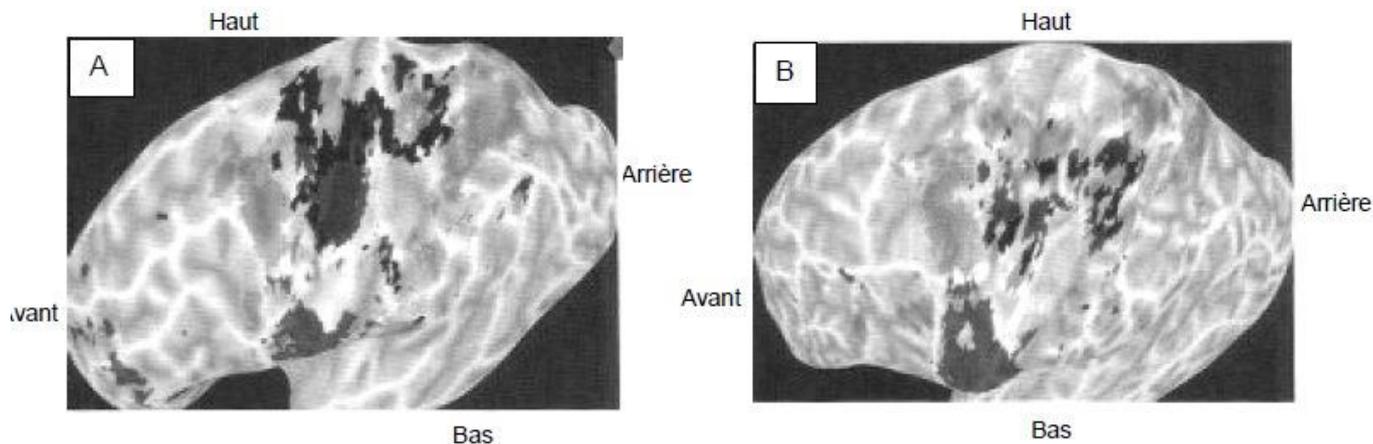
Document 1b : Évolution de la carte d'activation obtenue dans le cortex moteur de l'hémisphère droit (qui contrôle la main gauche) lorsque le patient exécute des mouvements de la main gauche avant et après l'opération.



Document 2 : Comparaison de la carte motrice de 2 individus sains

La cartographie du cortex moteur de l'hémisphère gauche de deux individus A et B différents a été obtenue en leur demandant d'effectuer les mêmes mouvements sollicitant des régions musculaires précises : mouvement de l'œil, des doigts, du poignet ou de l'avant-bras.

Les cartes motrices des deux individus sains A et B sont présentées ci-dessous.



Zones activées lors des divers mouvements

D'après : <http://www.sportifmytho.com/article-a-chaque-sport-son-cerveau-118507248.html>

Document 3 : Modifications cérébrales observées après une lésion due à un A.V.C. (accident cérébral vasculaire).

	Phase précoce (2 à 3 mois après l'AVC)	Phase tardive (jusqu'à 12 à 18 mois après l'AVC)
Mécanismes de plasticité cérébrale	<ul style="list-style-type: none">- activation de certaines synapses préexistantes mais inactives- activation de certaines synapses préexistantes qui étaient inhibées* par d'autres neurones	<ul style="list-style-type: none">- apparition de nouvelles synapses- création de nouveaux circuits de neurones

* inhibé : dont le fonctionnement est bloqué

D'après « La contre-attaque du cerveau », F.Chollet - La Recherche « Spécial cerveau » Juillet-Aout 2013

Document 4 : Évolution de la zone corticale motrice dédiée aux doigts en fonction de l'entraînement au piano.

On étudie les effets d'un entraînement moteur au travers des mouvements des doigts. Chaque jour, pendant 5 jours, 3 groupes de 6 personnes non musiciennes viennent pratiquer le piano (ou ne rien faire) pendant 2 heures.

- Groupe 1 : les personnes pratiquent une séquence de huit notes à faire avec la main droite (notamment avec le doigt le plus long) au piano avec un métronome.
- Groupe 2 : les personnes jouent ce qu'elles veulent au piano mais n'ont pas le droit de jouer des séquences fixes.
- Groupe 3 : les personnes ne font rien.

Tous les jours, on procède à une stimulation magnétique transcrânienne (TMS) qui permet de définir la cartographie des zones motrices corticales pour les muscles fléchisseurs et extenseurs du plus long doigt de la main droite. L'activité de la zone corticale mesurée pour les 3 groupes pendant les 5 jours est présentée dans le tableau suivant.

NEURONE ET FIBRE MUSCULAIRE : LA COMMUNICATION NERVEUSE

Mode d'action du Botox®

Les toxines botuliques sont à l'origine d'une maladie grave et mortelle appelée botulisme. Elles sont cependant très utilisées par toutes celles et ceux qui veulent gommer les traces du vieillissement en réalisant régulièrement des injections de Botox®.

Expliquer comment les toxines botuliques agissent et comment ces molécules toxiques peuvent également être utilisées à des fins médicales.

La réponse s'appuiera sur l'exploitation du dossier documentaire et sur l'utilisation des connaissances. Elle sera accompagnée d'un schéma du fonctionnement de la synapse neuromusculaire sur lequel sera localisé le lieu d'action du Botox®.

Document 1 : le botulisme

Le botulisme est une maladie rare et grave, due à des neurotoxines bactériennes appelées toxines botuliques, provoquant des paralysies. Ces neurotoxines sont produites par des bactéries appartenant au genre *Clostridium*. Le botulisme est principalement d'origine alimentaire et survient lorsque *Clostridium botulinum* se multiplie et produit les toxines dans des aliments qui ont été insuffisamment cuits pour les inactiver.

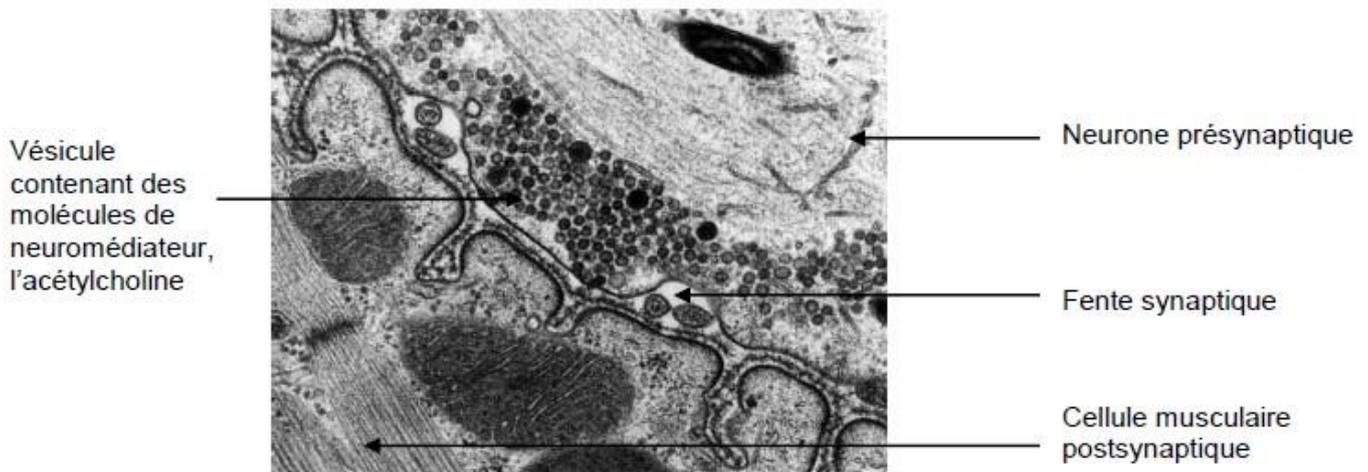
Cette bactérie se multiplie le plus souvent dans des aliments qui n'ont pas subi un processus poussé de conservation : poissons ou produits carnés fermentés, salés ou fumés, conserves réalisées à la maison et insuffisamment stérilisées. Il arrive que des produits du commerce soient également impliqués.

La maladie concerne l'ensemble des muscles ; elle débute avec une faiblesse au niveau du cou et des bras (paralysie flasque), avant de toucher les muscles respiratoires et ceux du bas du corps. La paralysie peut rendre la respiration difficile et provoquer la mort.

D'après site de l'OMS <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs270/fr/>

Document 2 : la synapse neuromusculaire

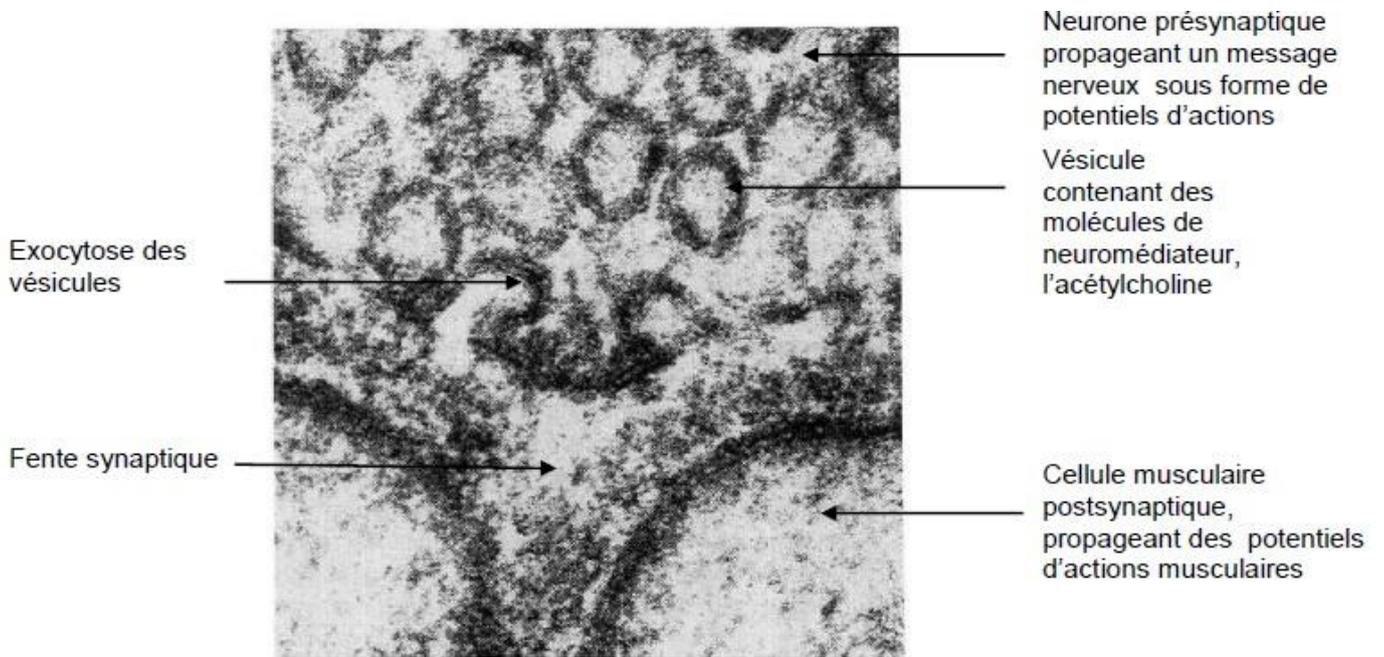
Électronographie d'une synapse neuromusculaire sans stimulation présynaptique



Observation au microscope électronique à transmission

Echelle : 1 micromètre

Électronographie d'une synapse neuromusculaire avec stimulation présynaptique



Observation au microscope électronique à transmission

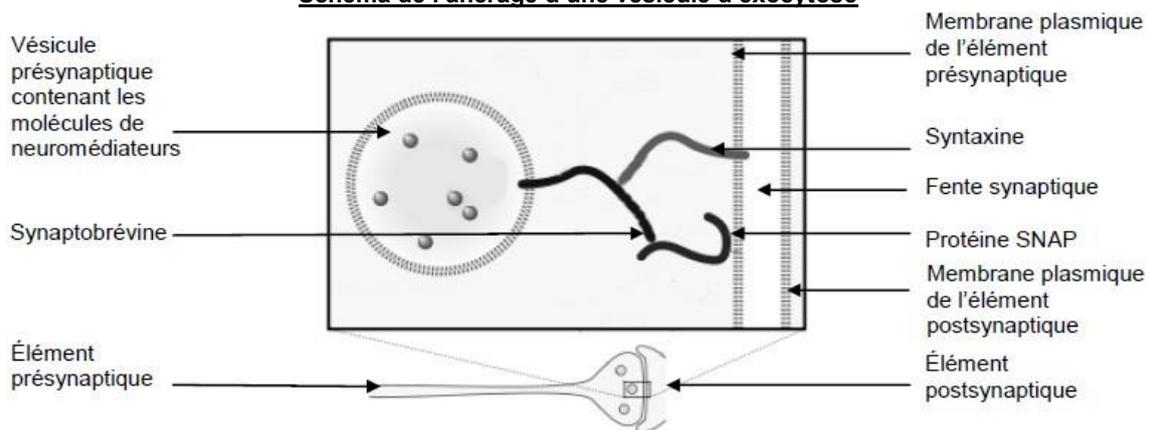
Echelle : 0.2 micromètre

D'après Pour la Science et <http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/svt/program/fichacti/fich1s/synapse/Index.htm>

Document 3 : le déroulement de l'exocytose et le mode d'action des toxines botuliques

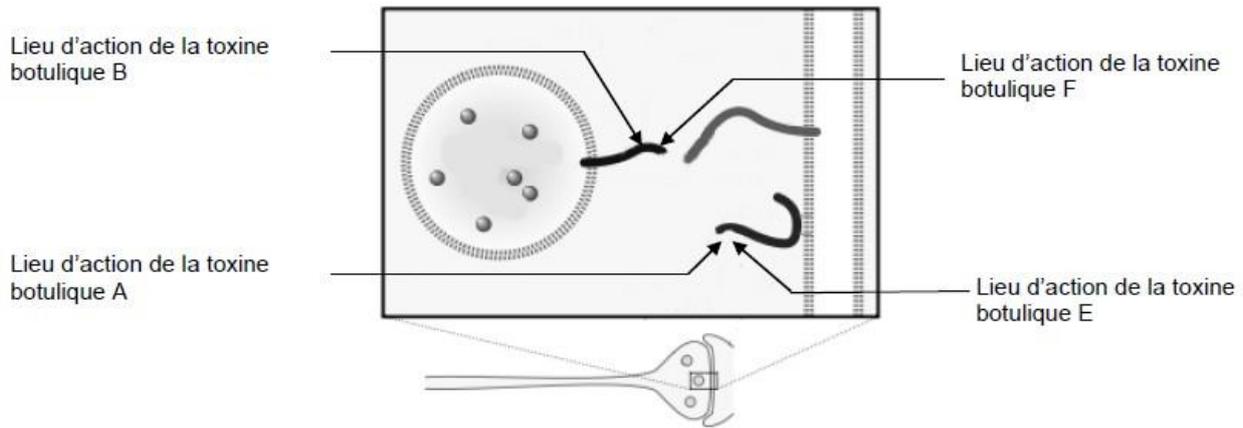
L'exocytose est le processus de fusion des vésicules synaptiques avec la membrane plasmique de l'élément présynaptique, permettant la libération des molécules de neuromédiateurs dans la fente synaptique. Cette fusion fait intervenir 3 protéines : la synaptobrevine, la syntaxine et la protéine SNAP. Ces 3 protéines interagissent et s'accrochent les unes aux autres, ce qui permet la fusion de la vésicule avec la membrane plasmique présynaptique et la libération de neuromédiateurs dans la fente synaptique.

Schéma de l'ancrage d'une vésicule d'exocytose



Parmi les 7 types de neurotoxines connues, seuls 4 types de neurotoxines sont la cause du botulisme chez l'homme : les neurotoxines A, B, E et F. Ces neurotoxines sont des enzymes (protéases) qui agissent sur le mécanisme de l'exocytose en coupant certaines protéines à différents niveaux.

Schéma des lieux et mode d'action des toxines botuliques



*D'après Physiologie médicale par William Ganong De Boeck Université
et <http://www.cdc.gov/ncidod/EID/vol11no10/04-1279.htm>*

Document 4 : les principales indications du Botox®

Le Botox® contient la toxine botulique de type A sous forme de molécule protéique purifiée.

Indications fréquentes du Botox®

La contraction incessante des muscles du visage leur fait acquérir, avec le temps, une hypertonicité, qui combinée à la perte d'élasticité de la peau, entraîne la formation de rides d'expression. Elles sont principalement présentes sur le haut du visage : rides du front et rides de la patte d'oie. En supprimant cette hypertonicité musculaire, le Botox® efface les rides.

Le traitement consiste en une série d'injections réalisées à l'aide d'une aiguille fine dans les muscles responsables des rides d'expression. Chaque flacon de Botox® contient une faible quantité de toxine botulique. On injecte au niveau de chaque ride une dose de Botox® en ne dépassant pas 50 doses par séance pour l'ensemble du visage.

Il n'y a aucun risque de provoquer le botulisme car il faudrait au moins 1000 fois cette dose, on est donc très loin du risque de la toxine poison qui peut être ingérée par exemple lors d'une intoxication alimentaire

Les effets apparaissent dès le 2ème jour, se stabilisent en une quinzaine de jours et durent de 4 à 6 mois, selon les individus.

Autres indications du Botox®

Aujourd'hui, le Botox® trouve de nombreuses indications en médecine comme par exemple le traitement du blépharospasme (battements incontrôlés des paupières) ou de la dystonie cervicale (contractions musculaires involontaires dans le cou).

D'après www.futura-sciences.com

Une nouvelle indication pour la toxine botulique de type A, autorisée par L'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé (AFSSAPS) en septembre 2011

Les patients souffrant d'incontinence* urinaire d'origine neurologique, provoquant des contractions involontaires des muscles de la vessie, peuvent être traités par des injections ciblées de Botox®.

Ces injections ont permis une réduction de la fréquence des contractions involontaires de la vessie et donc une diminution de l'incontinence.

*Incontinence : correspond à l'absence de contrôle volontaire de l'émission d'urine.

D'après afsep.fr

NEURONE ET FIBRE MUSCULAIRE : LA COMMUNICATION NERVEUSE

Expérience de Loewi sur la transmission synaptique

Ce sujet permet d'utiliser les connaissances acquises sur la communication nerveuse et le fonctionnement des synapses. Aucune connaissance sur le fonctionnement cardiaque n'est nécessaire pour répondre au sujet.

À partir de l'exploitation du document, répondre au QCM en cochant la bonne réponse.

Document : expérience de Loewi

En 1921, Otto Loewi a réalisé une expérience célèbre sur le contrôle du cœur par le système nerveux.

Il a prélevé les cœurs de deux grenouilles :

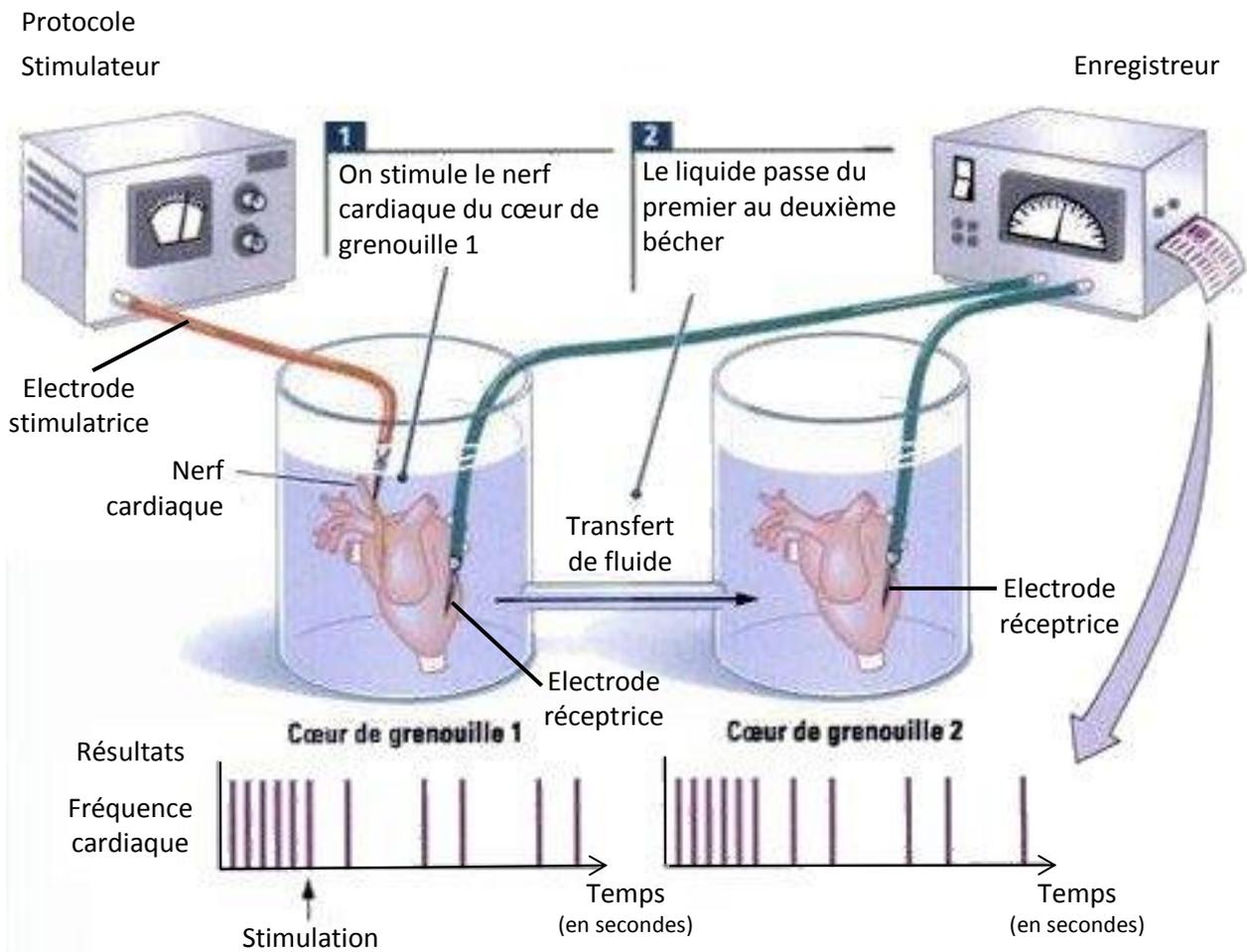
- le cœur de la grenouille 1 est prélevé avec un des nerfs cardiaques ;
- le cœur de la grenouille 2 est prélevé sans aucun nerf.

Lorsque l'on prélève le cœur d'une grenouille, celui-ci peut continuer à battre plusieurs minutes lorsqu'il est placé dans un liquide convenable (automatisme cardiaque).

Loewi a placé les deux cœurs dans 2 béchers, reliés entre eux. Le dispositif expérimental utilisé est conçu de manière à permettre au liquide baignant le cœur de la grenouille 1 d'être transféré au cœur de la grenouille 2.

Au cours de l'expérience, il a stimulé électriquement le nerf associé au cœur de la grenouille 1A et a enregistré la fréquence cardiaque des deux cœurs : chaque contraction cardiaque est représentée sur l'enregistrement par une barre verticale.

Les deux enregistrements sont réalisés en même temps.



QCM : A partir des informations extraites du document, cocher la bonne réponse pour chaque série de propositions.

1. La stimulation du nerf cardiaque du cœur 1 entraîne :

- un ralentissement de la fréquence cardiaque du cœur 1.
- une augmentation de la fréquence cardiaque du cœur 1.
- aucune modification de la fréquence cardiaque du cœur 1.
- une augmentation de la fréquence cardiaque du cœur 2.

2. La stimulation du nerf cardiaque du cœur 1 entraîne :

- aucune modification de la fréquence cardiaque du cœur 2, le cœur 2 étant isolé du stimulateur.
- un ralentissement de la fréquence cardiaque du cœur 2 provoqué directement par le nerf cardiaque.
- un ralentissement de la fréquence cardiaque du cœur 2 provoqué indirectement par le liquide.
- une accélération de la fréquence cardiaque du cœur 2 provoquée indirectement par le liquide.

3. Le liquide baignant les cœurs propage l'information :

- en transmettant les potentiels d'action issus des neurones du nerf cardiaque.
- en transmettant des molécules d'eau du liquide.
- en transmettant des molécules libérées par les fibres nerveuses du nerf cardiaque.
- en transmettant des molécules libérées par le cœur de la grenouille 2.

4. Ces expériences ont montré la nature de la transmission du message nerveux au niveau des synapses :

- la transmission s'effectue par un mécanisme de nature électrique.
- la transmission s'effectue par libération de molécules appelées neurotransmetteurs.
- la transmission s'effectue par libération de molécules d'eau.
- la transmission s'effectue par libération de cellules nerveuses.