

## THEME 3-B - Neurone et fibre musculaire

Classe : Terminale S

Durée conseillée : 3 semaines

Nombre de TP : 3

**En rouge** : Bilans à faire noter aux élèves

**En bleu** : Activités pratiques

**En vert** : Problématique et hypothèses

### Chapitre 2 : LE MESSAGE NERVEUX ET SA TRANSMISSION

#### TP2 : La transmission de l'information nerveuse entre les neurones

##### Objectif :

- Comprendre le fonctionnement de la synapse
- Comprendre le mode d'action de certains médicaments (myorelaxant comme le tétrazépam).

##### Matériel :

- Documents
- Animation synapse
- RASTOP : Observation du récepteur nicotinique à l'Ach + tétrazépam vs nicotine

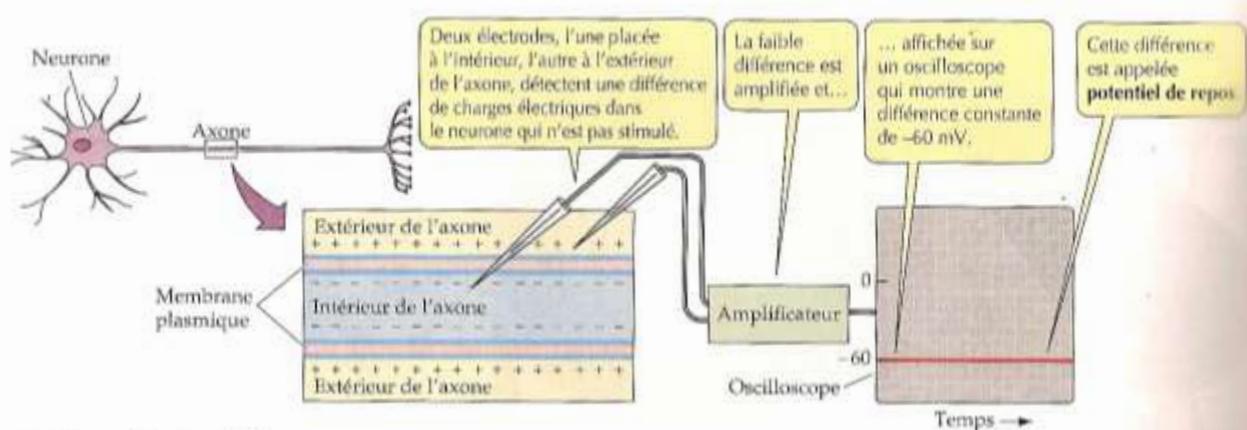
##### Capacités et attitudes :

- Recenser, extraire et organiser des informations
- Utiliser un logiciel de données
- Maîtriser son corps / Responsabilité en termes de santé

### I. La naissance et la propagation du message nerveux au sein du neurone

#### 1. Nature et origine d'un potentiel d'action

L'ensemble des cellules de l'organisme présentent une répartition des ions différente de celle du milieu extérieur. Ceci induit un **potentiel de repos** de la membrane plasmique. Le potentiel de repos correspond à une différence de potentiel de la membrane. On observe à l'oscilloscope une tension de  $-70$  mV. Le côté intracellulaire de la membrane présente donc un potentiel négatif (charges négatives) par rapport à la face externe. La membrane est donc polarisée.



41-5 Mesure du potentiel de repos. La différence de charges dans...

## 2. Le potentiel d'action

Lors d'une stimulation artificielle d'un neurone (choc électrique), on peut faire naître un message nerveux. Les signaux émis par les neurones sont des potentiels d'action. Ce message apparaît comme la modification brutale et locale de la tension ou de la polarisation membranaire de repos.

On observe à l'oscilloscope les modifications suivantes :

- Phase 1 : Une phase de dépolarisation, la face interne de la membrane cellulaire du neurone devient de plus en plus chargée positivement, la tension passe de -70 à 0 mV. Phase d'inversion de la tension, de la polarisation qui devient positive avec une polarisation positive maximale de 40 mV. (Entrée d'ions positifs (Na<sup>+</sup>))

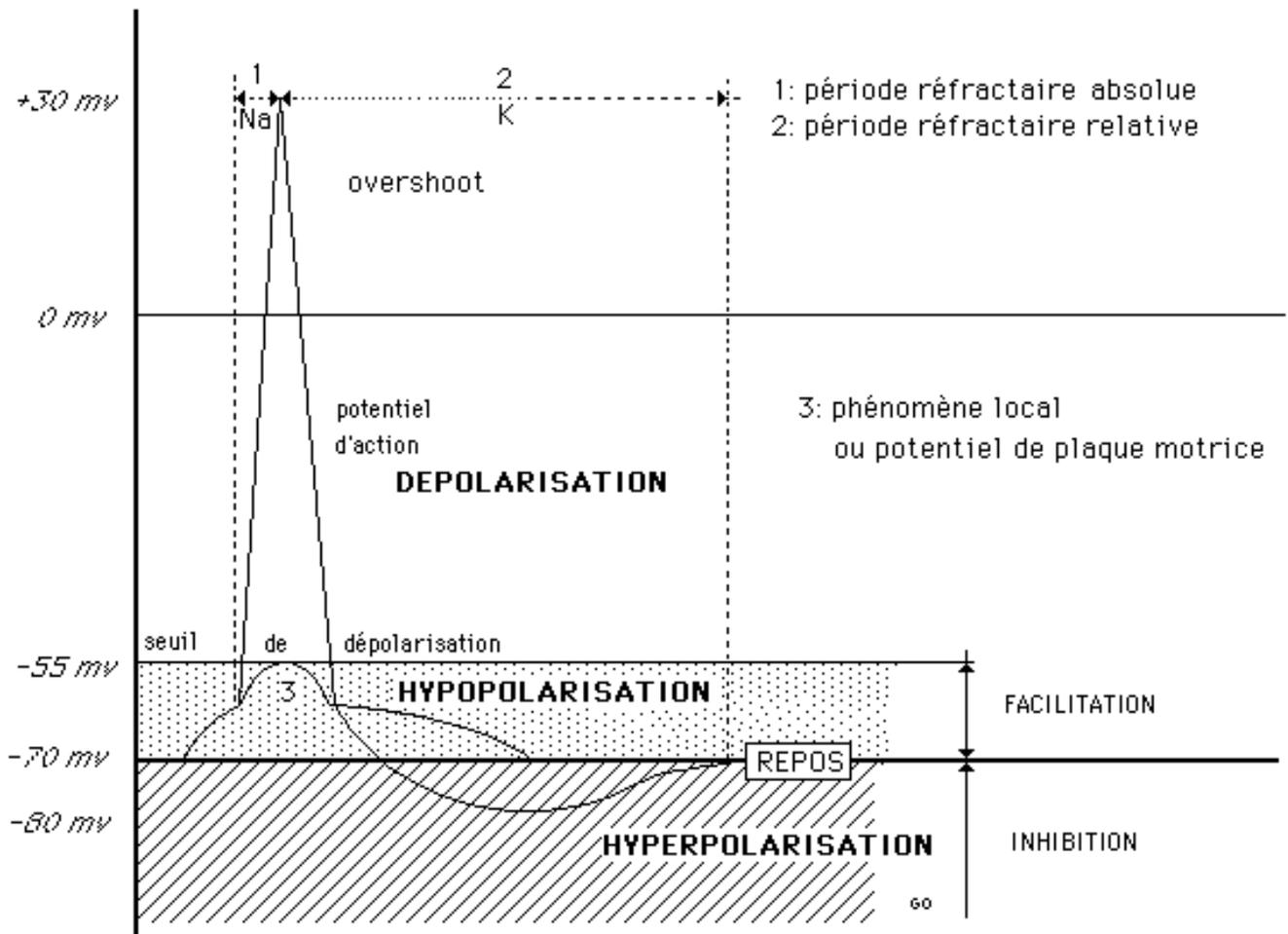
- Phase 2 : Phase de repolarisation. La tension ou polarisation de la membrane revient vers le potentiel de repos (sortie d'ions positifs K<sup>+</sup>).

- Phase 3 : Phase d'hyperpolarisation, la polarisation de la membrane face interne devient plus négative que le potentiel de repos (sortie excessive des ions K<sup>+</sup>).

Cette modification brève (3ms) et locale de la polarisation membranaire qui correspond à des courants ioniques au travers de la membrane cellulaire, constitue un message nerveux appelé un Potentiel d'action (PA).

[S.10]

### Analyse du potentiel d'action



### 3. Les caractéristiques du PA.

#### a- Le seuil de dépolarisation (potentiel seuil)

Pour qu'un PA prenne naissance au niveau d'un neurone, le potentiel de membrane doit dépasser un seuil de dépolarisation aux alentours de -50 mV. Si la dépolarisation est inférieure à ce seuil aucun PA ne prend naissance. Le seuil des membranes les plus excitables est une dépolarisation de 15 mV, donc le passage de -70 mV à -55mV suffit à faire naître un PA.

Ce seuil de dépolarisation (de 20mV) dépend d'un seuil d'intensité de stimulation. Plus j'augmente l'intensité de la stimulation, plus j'ai de chance de dépasser le seuil de dépolarisation permettant la naissance d'un PA.

#### b- Le PA obéit à la loi du tout ou rien

En dessous du seuil de stimulation aucun PA. Lorsque l'intensité de la stimulation permet de dépasser le seuil de potentiel (-55mV) ; le PA a d'emblée son amplitude (110 mV) maximale et sa durée constante de 3ms. Même si l'intensité de la stimulation augmente, le PA garde les mêmes caractéristiques (amplitude et durée). Le PA est invariant.

#### c- La propagation d'un PA

Le PA se propage au travers d'un neurone sans perdre d'amplitude, il reste identique. La vitesse de propagation est de l'ordre de 10 à 100m/s pour les axones les plus rapides. Cette vitesse est relativement lente par rapport à un courant électrique.

### 3. Codage des messages nerveux

Les messages nerveux (afférents et efférents) se traduisent au niveau d'une fibre nerveuse par un train de potentiel d'action, d'amplitude constante. Les messages nerveux sont codés par la fréquence des potentiels d'actions au niveau d'un neurone et en amplitude, c'est-à-dire en nombre de fibres nerveuses mises en jeu au niveau.

Au sein d'un nerf, l'intensité d'un message peut également être codée par le nombre de neurones qui seront recrutés.

Le message nerveux doit circuler de neurones en neurones mais aussi entre neurone et organe effecteurs.

Quelles sont les structures mises en jeu et comment fonctionnent-elles ?

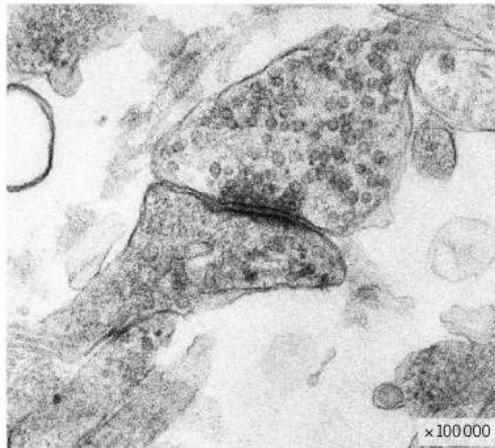
## II. La transmission du message nerveux d'un neurone à un autre par les synapses

### 1. La structure de la synapse :

La synapse est une jonction spécialisée entre deux neurones ou entre un neurone et un muscle (synapse neuromusculaire). La synapse permet de faire passer le message nerveux, de façon unidirectionnelle de l'élément présynaptique vers l'élément postsynaptique avec un délai (retard) de l'ordre de 0.5ms soit 0.1mm/s. Toute synapse est constituée de trois éléments :

- L'élément présynaptique : c'est le seul à posséder des vésicules synaptiques contenant un neurotransmetteur. C'est à son niveau qu'arrive le PA. Il s'agit toujours de la terminaison d'un axone.
- La fente synaptique ou espace intersynaptique : de 20 à 50 nm, elle empêche la propagation du PA. En effet le PA qui est une dépolarisation membranaire a besoin de la membrane pour se propager et ne peut donc pas traverser la fente.
- L'élément postsynaptique : il est dépourvu de vésicules synaptiques. Il s'agit des dendrites ou du corps cellulaire d'un neurone ou d'une cellule musculaire. Il possède des récepteurs capables de fixer les neurotransmetteurs.

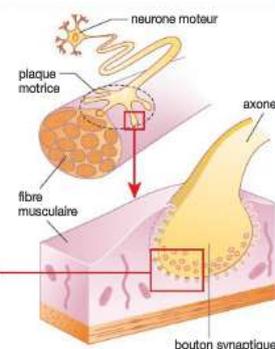
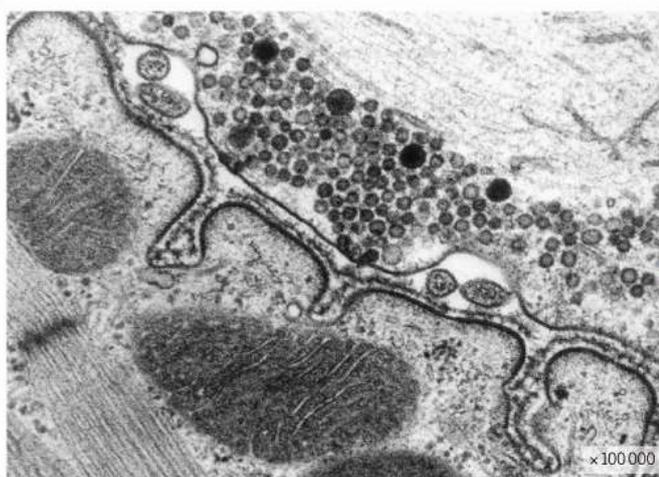
#### A Les caractéristiques structurales d'une synapse



Le plus souvent, deux neurones successifs ne sont pas directement en contact mais séparés par un espace étroit d'environ 20 nanomètres : la fente synaptique. La fente synaptique constitue donc une rupture dans la continuité de la propagation électrique du message nerveux.

Dans les circuits neuroniques, les messages nerveux circulent à sens unique : l'élément situé dans la partie supérieure de la *photographie ci-contre* est l'extrémité d'un neurone qualifié de pré-synaptique, tandis que le second neurone (situé en bas) est qualifié de post-synaptique.

Doc. 1 Synapse neuro-neuronique observée au microscope électronique à transmission (MET).



La connexion entre l'extrémité axonique d'un neurone moteur et une fibre musculaire est très comparable à la zone de synapse entre deux neurones.

Doc. 2 La plaque motrice, ou synapse neuromusculaire, observée au MET.

## 2. Les étapes de la transmission synaptique

La transmission du message nerveux d'une cellule nerveuse à une autre cellule (nerveuse ou musculaire) se déroule en plusieurs étapes :

- L'arrivée des potentiels d'action (1) au niveau de la terminaison axonique (bouton synaptique) provoque l'exocytose, l'ouverture des vésicules synaptiques (2) et la libération dans la fente synaptique des molécules chimiques ou neurotransmetteurs localisés dans les vésicules.
- Les neurotransmetteurs libérés dans la fente synaptique, diffusent et vont se fixer sur des récepteurs spécifiques (3) présents sur la membrane de l'élément postsynaptique.
- Cette association neurotransmetteur/récepteur postsynaptique provoque la naissance parfois d'un PA au niveau de l'élément postsynaptique (4). Le récepteur postsynaptique est une molécule canal qui s'ouvre suite à la fixation des neurotransmetteurs, cette ouverture permet un flux d'ions dans l'élément postsynaptique, d'où une variation du potentiel.
- Les neurotransmetteurs pourront être dégradés (retirés du récepteur) et capturés par l'élément présynaptique (5/6) pour être de nouveau stockés et réutilisés. L'élément postsynaptique peut de nouveau répondre à un PA.

## 3. La diversité des messages et des neurotransmetteurs

La transmission du message nerveux (ionique) d'un neurone à une autre cellule s'effectue donc par voie chimique en utilisant des molécules chimiques très variées appelées des neurotransmetteurs. En fait à aucun moment le PA n'a traversé la fente synaptique, il est plus juste de dire qu'un nouveau PA a pris naissance au niveau de l'élément postsynaptique. Comme le PA est invariant, la nature et les caractéristiques du message sont conservées au niveau de la synapse.

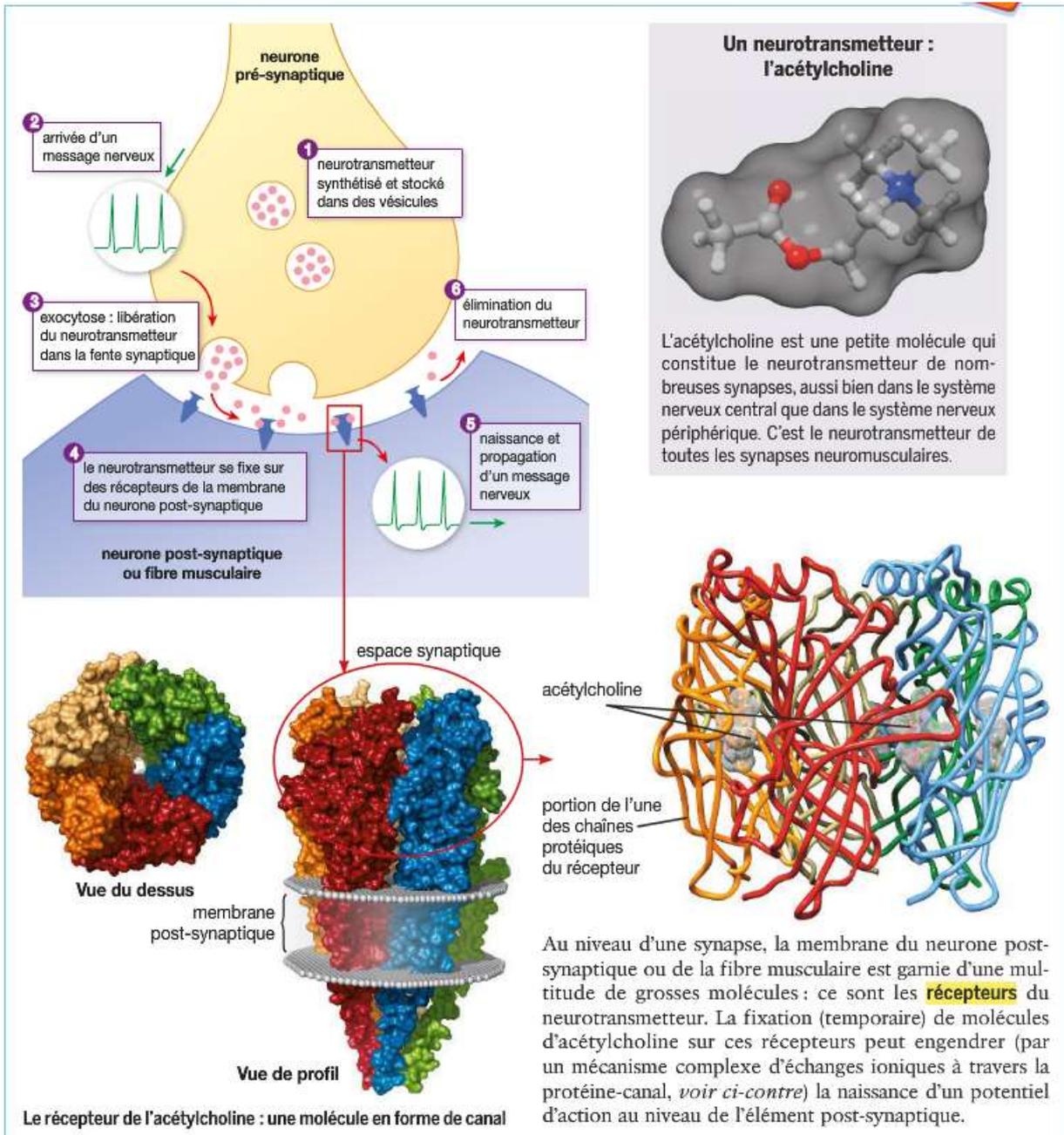
Exemples de neurotransmetteurs : L'acétylcholine, l'adrénaline, le GABA, la sérotonine, les endomorphines...

NB : Au niveau d'une synapse, seul l'élément présynaptique contient les neurotransmetteurs, la synapse ne peut donc fonctionner qu'en sens unique, de l'élément pré- vers le postsynaptique.

## 4. Le codage de l'information au niveau de la synapse

La fréquence des PA qui arrivent au niveau de l'élément présynaptique est codée, traduite en concentration de neurotransmetteurs libérés dans la fente synaptique (nombre de vésicules en exocytose). Une fréquence élevée de PA dans l'élément présynaptique est traduite en concentration élevée de neurotransmetteurs au niveau de la fente, ce qui sera traduit, codée de nouveau en fréquence de PA au niveau de l'élément postsynaptique.

Toutes les synapses fonctionnent de la même façon. La seule différence réside dans les effets que peuvent avoir les neurotransmetteurs sur l'élément postsynaptique. On distingue 2 cas, la synapse excitatrice et la synapse inhibitrice.



**Doc. 1** Le neurotransmetteur agit par l'intermédiaire d'un récepteur.

Lors du réflexe myotatique, on observe des réponses différentes des muscles car ils reçoivent des ordres différents, il y a donc une intégration de différents message par le système nerveux. Comment cette intégration est-elle mise en place au niveau cellulaire ?

### III. L'action de certaines substances sur les synapses

Certaines substances sont capables de modifier le fonctionnement de la synapse en se fixant sur les récepteurs de la membrane du neurone post-synaptique.

Ex :

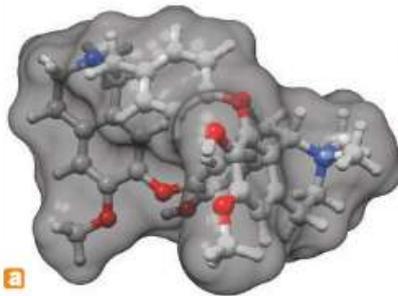
- le curare (utilisé dans les myorelaxants) se fixe à la place de l'acétylcholine et bloque les synapses musculaires entraînant le relâchement des muscles. C'est un antagoniste car son action est inverse à celle de l'acétylcholine.
- La nicotine est quant à elle un agoniste de l'acétylcholine et a donc la même action qu'elle mais pas au niveau des muscles.

#### B Le mode d'action de substances « myorelaxantes »



Les curares sont des substances d'origine végétale aux effets myorelaxants, c'est-à-dire provoquant un relâchement musculaire. Les Indiens en enduisaient les pointes de leurs flèches au cours de la chasse, ce qui entraînait la paralysie puis la mort du gibier par asphyxie.

Aujourd'hui, les curares de synthèse sont couramment utilisés en chirurgie pour produire un relâchement musculaire pendant l'anesthésie, ce qui facilite le travail du chirurgien.

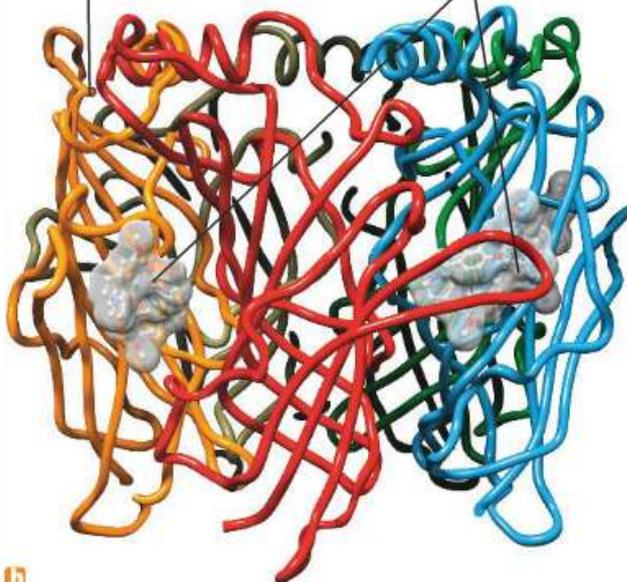


• L'image a est un modèle moléculaire d'un curare, la tubocurarine.

• L'image b montre que cette molécule a la capacité de se fixer, sur le récepteur de l'acétylcholine.

portion de l'une des chaînes du récepteur de l'acétylcholine

curare



#### D'autres myorelaxants



L'utilisation du curare nécessite une assistance respiratoire, du fait de son effet potentiel sur les muscles assurant les mouvements de la respiration. Les myorelaxants commercialisés en pharmacie n'agissent pas sur les synapses du système nerveux périphérique. Ces substances interagissent, en effet, avec certaines synapses du système nerveux central : en renforçant le rôle **inhibiteur** de ces synapses, ces médicaments ont une action « apaisante » provoquant à la fois un relâchement musculaire et une diminution de l'anxiété. Ils sont fréquemment utilisés pour traiter les contractures musculaires, mais peuvent avoir des effets secondaires (sommolence, amnésie...).