

IIIB - Chapitre 2

Activité 1

L'activité du neurone et la conduction
du message nerveux.

Acquis : La cellule nerveuse, ou neurone, est le support anatomique de l'activité nerveuse. C'est une cellule très différenciée qui assure la conduction du message nerveux dans l'organisme

Objectifs : Identifier l'activité particulière de la cellule nerveuse. Définir les notions de potentiel de repos et potentiel d'action. Etablir les caractéristiques du message nerveux au niveau du neurone et du nerf.

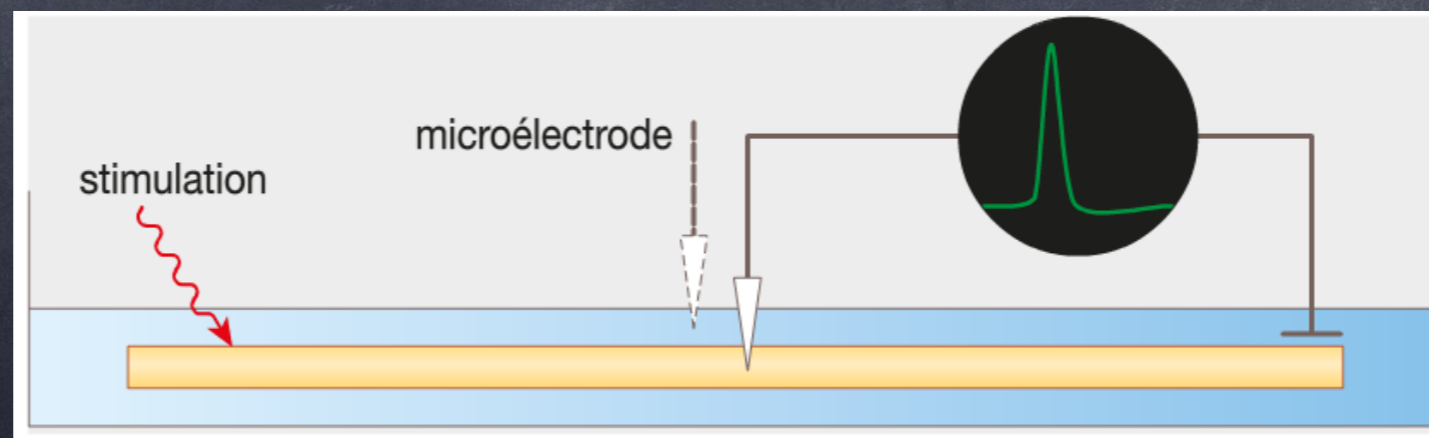
Les méthodes d'étude de l'activité du neurone.

Pour étudier des phénomènes électriques se produisant au niveau d'une cellule, le physiologiste utilise des **microélectrodes réceptrices** très sensibles telles que celle représentée dans le document 1 p. 358.

L'extrémité de la microélectrode dont le diamètre est voisin de $0,05 \mu\text{m}$ peut être introduite à travers la membrane cellulaire sans la léser; couplée à une électrode extracellulaire, elle permet de mesurer une différence éventuelle de potentiel entre les faces interne et externe de la membrane cytoplasmique.

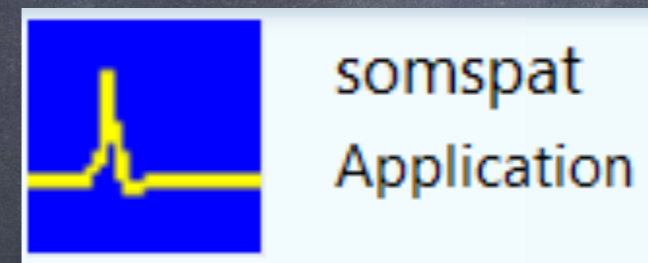
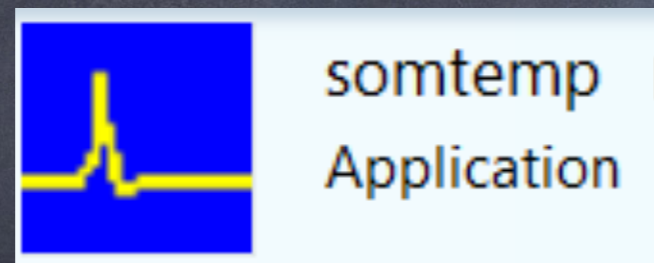
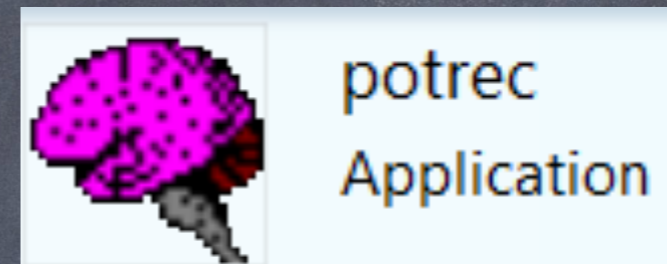
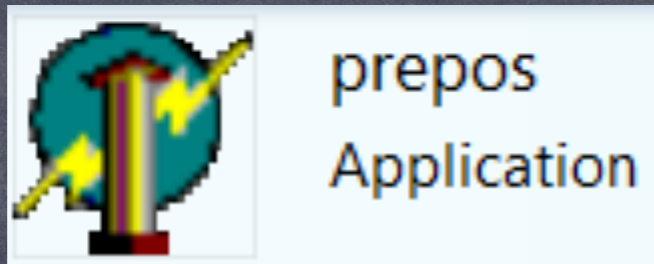
Un **système de stimulation électrique** peut être ajouté, comportant entre autres 2 **électrodes stimulatrices**.

Les électrodes réceptrices sont reliées à un oscilloscope sur l'écran duquel on peut étudier une courbe représentant les variations de la **différence de potentiel (ddp)** entre intérieur et extérieur en fonction du temps.



Le fonctionnement
des neurones.

Vous disposez de petits logiciels de simulation qui vous permettent de stimuler une portion de neurone ou un neurone de différentes manières, de déplacer les électrodes réceptrices et de lire sur l'oscilloscope les déviations du spot, c'est à dire la variation de potentiel entre ces 2 électrodes ou plusieurs couples d'électrodes.





Logiciel PRepos

Mettez en évidence les conséquences de stimulations diverses sur l'activité électrique de la fibre nerveuse :

- potentiel de repos
- dépolarisation locale
- potentiel d'action propagé
- message nerveux.

Potentiel de repos

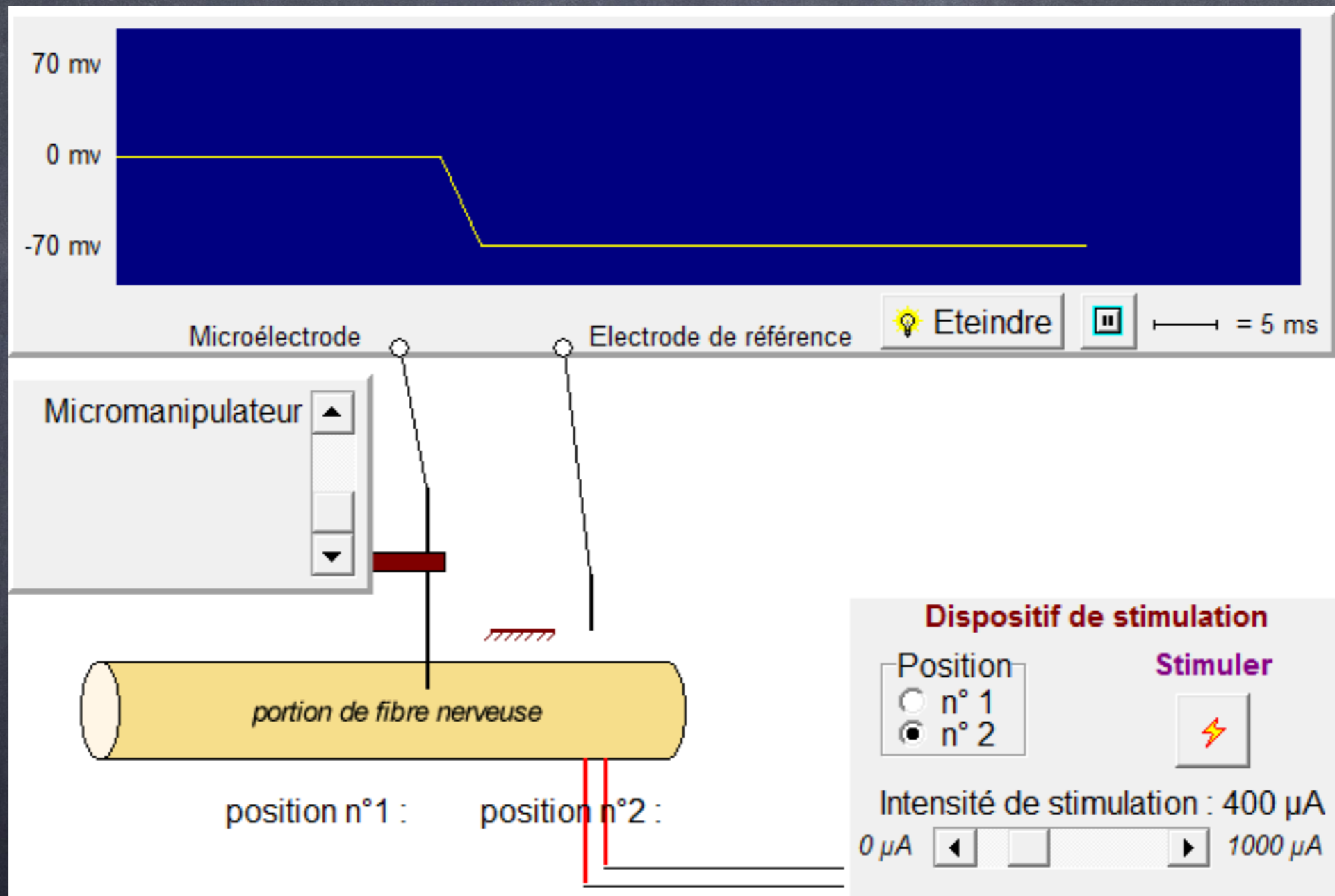
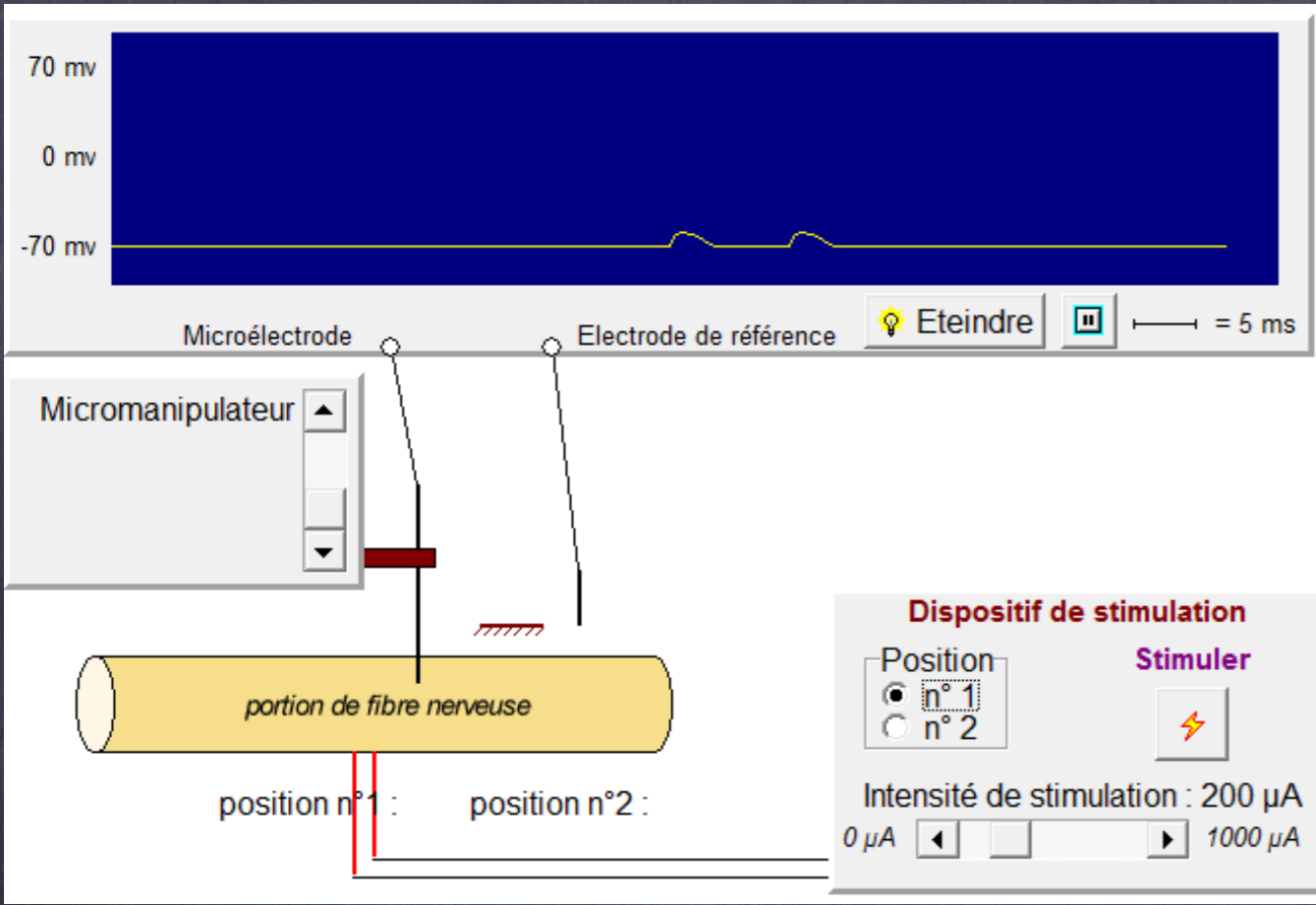


Tableau de résultats

Stimulation (I en μA)	Electrodes position 1	Electrodes position 2	Interprétation
0	potentiel de repos (PR)	P.R.	pas d'activité spontanée de la fibre
200			
400			
600			
800			
1000			



Dépoléarisation locale

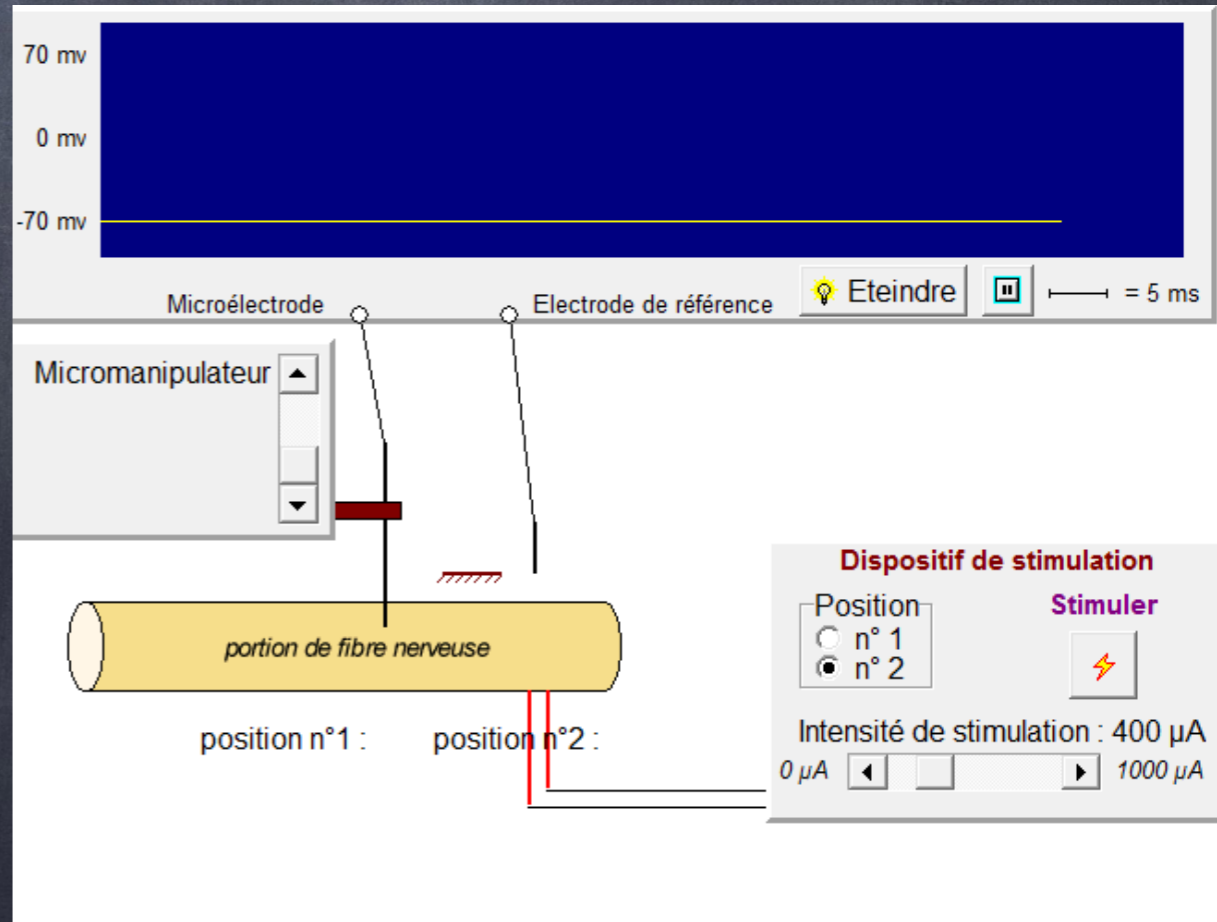
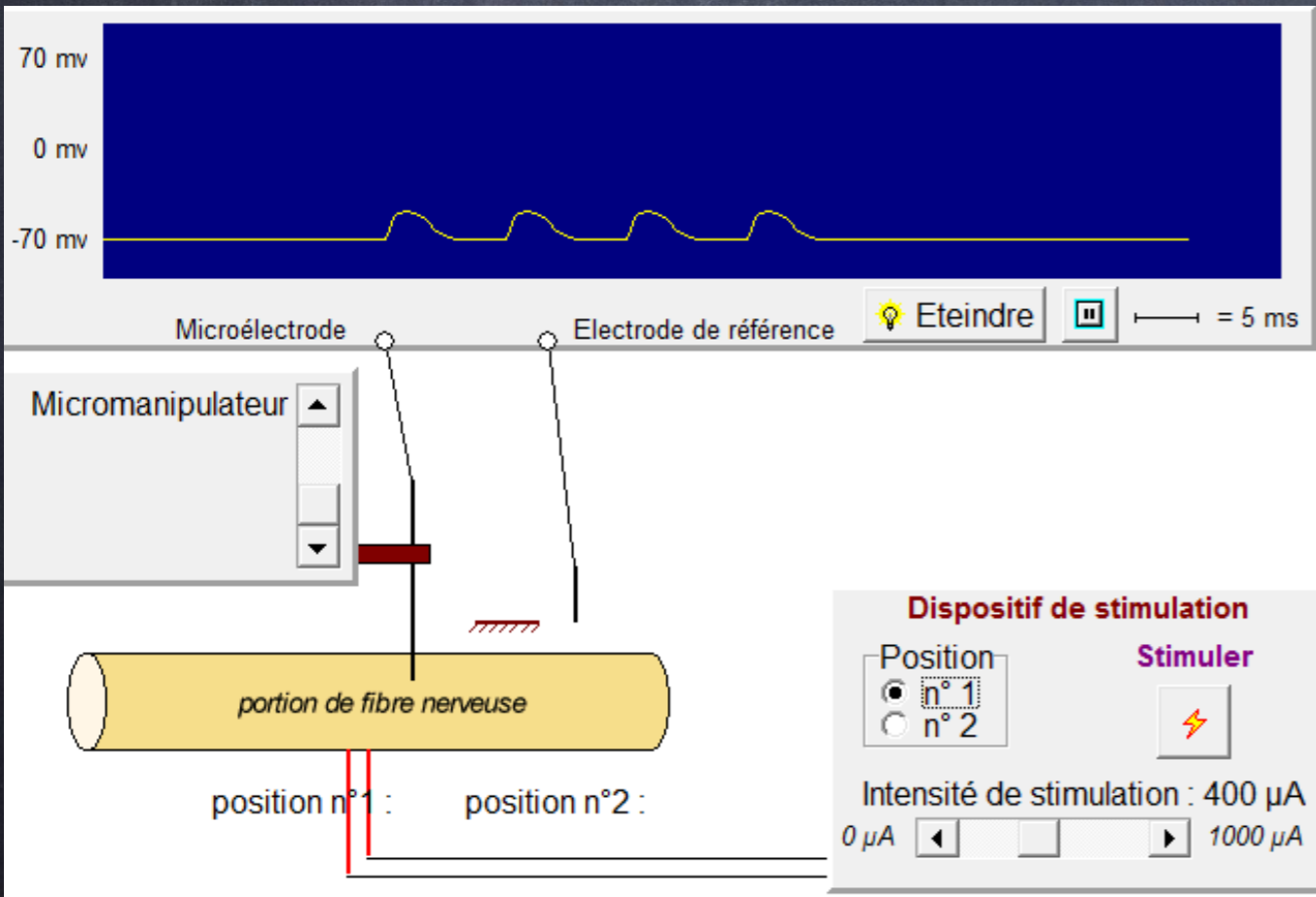
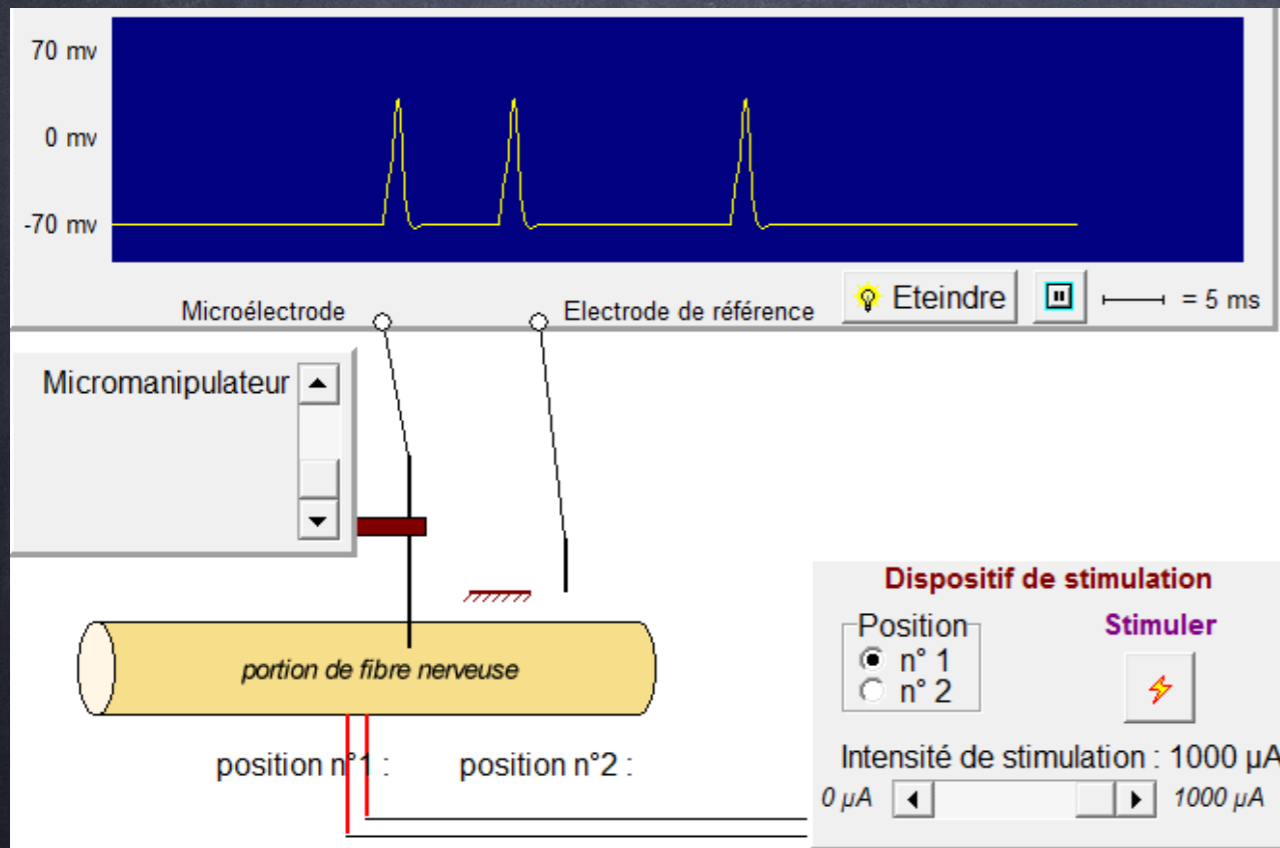
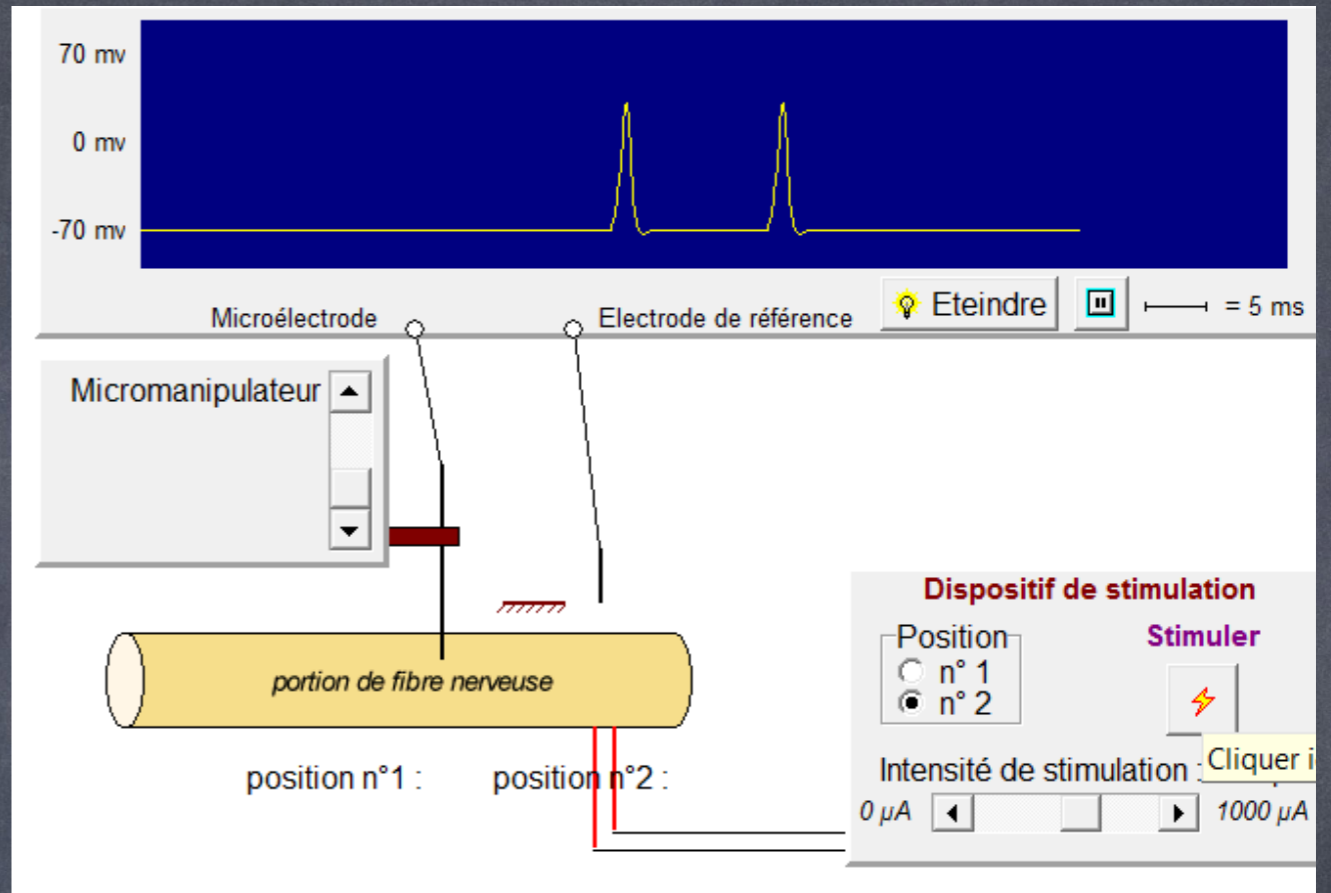
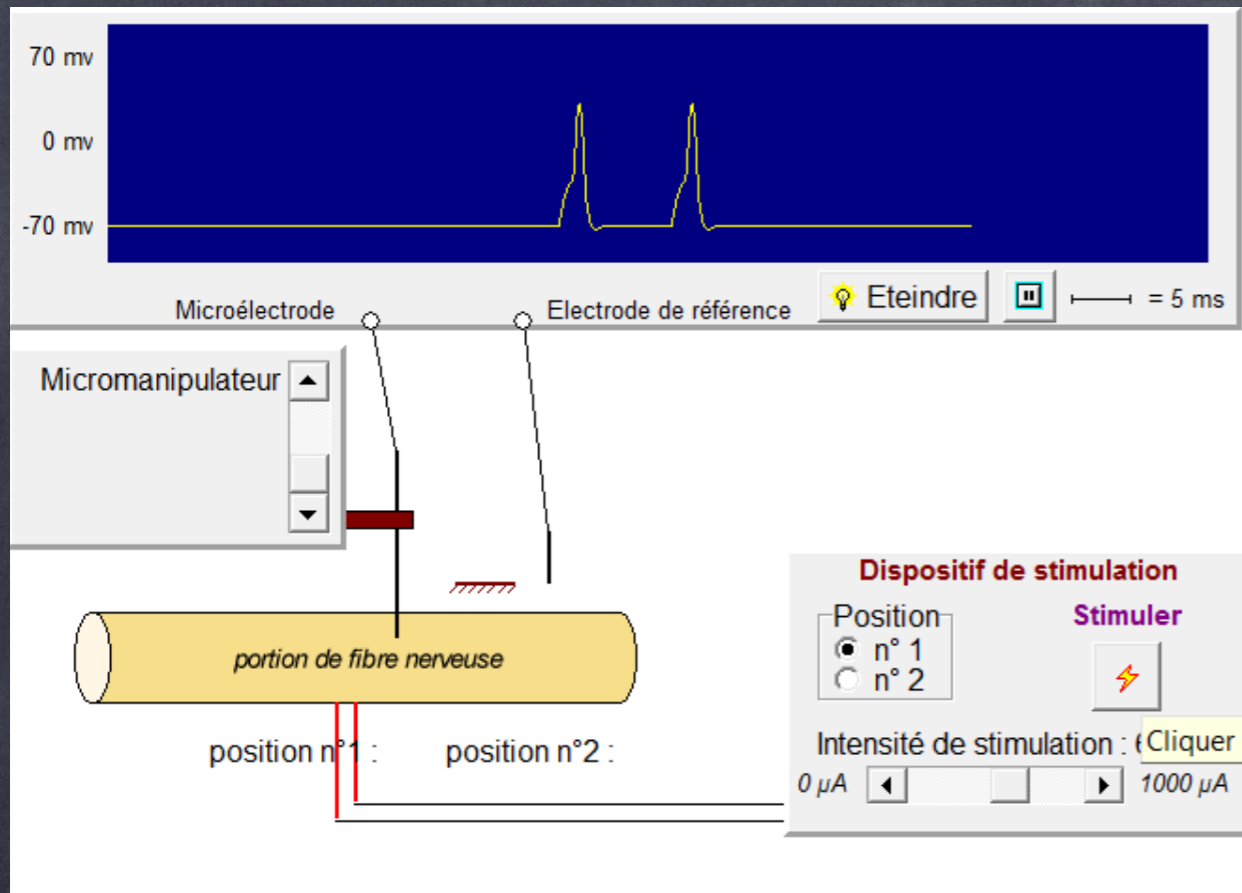


Tableau de résultats

Stimulation (I en μA)	Electrodes position 1	Electrodes position 2	Interprétation
0	potentiel de repos (P.R.)	P.R.	pas d'activité spontanée de la fibre
200	dépolarisation à -50mV	P.R.	modification locale de potentiel, non propagée le long de la fibre nerveuse
400	dépolarisation à -30mV	P.R.	
600			
800			
1000			



Potentiel d'action propagé
Message nerveux

Tableau de résultats

Stimulation (I en μA)	Electrodes position 1	Electrodes position 2	Interprétation
0	potentiel de repos (PR)	P.R.	pas d'activité spontanée de la fibre
200	dépolarisation à -50mV	P.R.	modification locale de potentiel, non propagée le long de la fibre nerveuse
400	dépolarisation à -30mV	P.R.	
600	inversion brusque du potentiel à $+35\text{mV}$	Inversion brusque du potentiel à $+35\text{mV}$	modification de potentiel plus importante au niveau 1 qui est propagée le long de la fibre jusqu'à la position 2: c'est un potentiel d'action (P.A.)
800	même chose	même chose	
1000	même chose	même chose	

Bilan :

Lorsqu'on fait pénétrer l'électrode dans la fibre on enregistre une différence de potentiel entre l'intérieur et l'extérieur de la fibre. Cette différence de potentiel est de -70mV . Il s'agit du potentiel de repos.

Lorsqu'elle est stimulée la fibre répond par une dépolarisation. Cette dépolarisation augmente avec l'intensité de la stimulation. Lorsque la stimulation dépasse une valeur comprise entre 400 et $600\mu\text{A}$, la dépolarisation en 1 devient une inversion de potentiel qui se propage le long de la fibre et est mesurable aussi en 2 : c'est un potentiel d'action.



Logiciel PotRec

On enregistre ici la réaction d'un neurone sensoriel à son stimulus naturel : les molécules odorantes.

On en fait varier la concentration et mesure la différence de potentiel intérieur / extérieur à 3 niveaux du neurone :

- sur la dendrite (1),
- à la base du corps cellulaire (2)
- sur l'axone (3).

Déterminez les conditions permettant la naissance et la conduction d'un message nerveux le long du neurone sensoriel.

Fichier Expérience Ecran Aide

Intensité du stimulus = concentration en molécules odorantes

- +
◀ ▶ 0 $\mu\text{mol/l}$

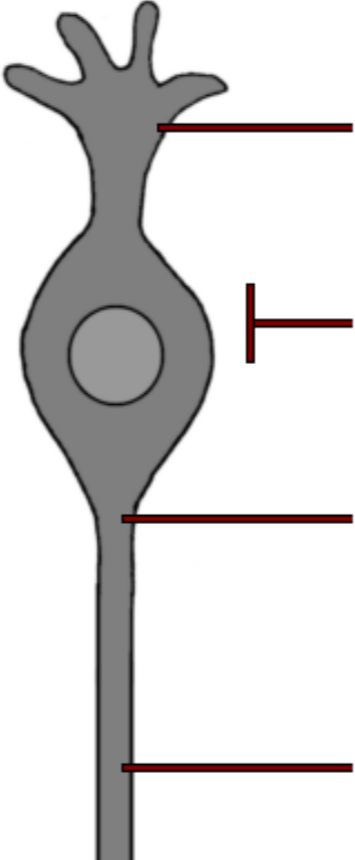
Démarrer l'expérience et lancer l'enregistrement.

⚡

Effacer l'écran à chaque fois

🧹 Effacer les écrans

? Aide 📄 Quitter



100 mV
0 mV
-100 mV

Voie n°1

(électrode de référence) U = 62 mV t = 98 ms

Voie n°2

Voie n°3

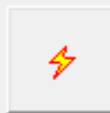
Tableau de résultats

I de la stimulation en $\mu\text{mole.L}^{-1}$	Electrode position 1	Electrode position 2	Electrode position 3	Interprétation
0	PR	PR	PR	Aucune activité
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Intensité du stimulus =
concentration en molécules
odorantes

- +
◀ ▶ 1 $\mu\text{mol/l}$

Démarrer l'expérience et
lancer l'enregistrement.

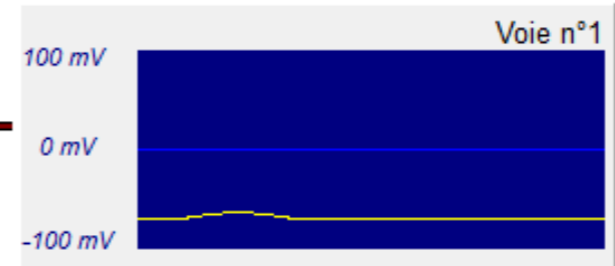
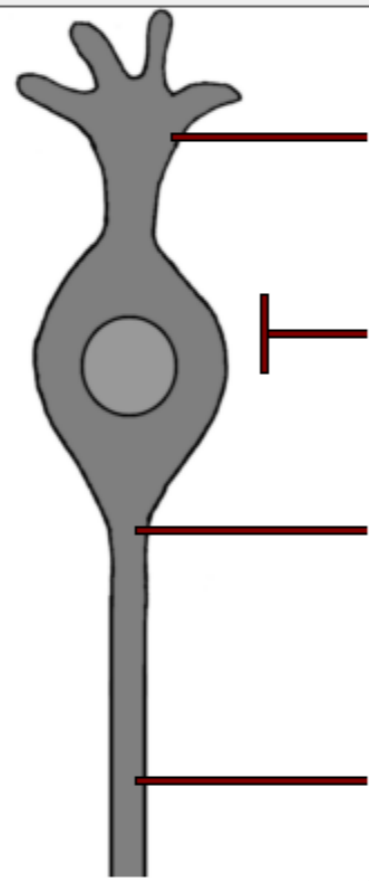


Effacer l'écran à chaque fois

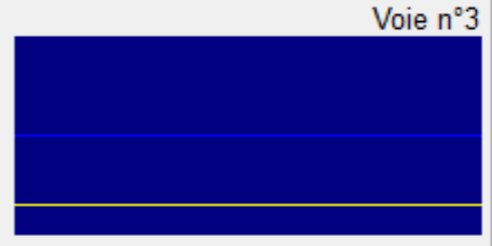
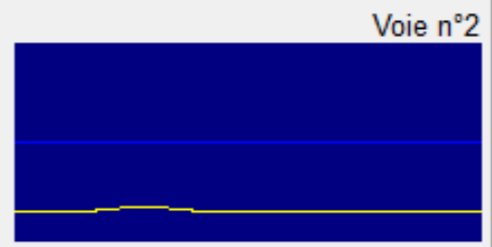
Effacer les écrans

Aide

Quitter




(électrode de référence) U = ? V t = ? ms




Intensité du stimulus =
concentration en molécules
odorantes



- +
2 $\mu\text{mol/l}$

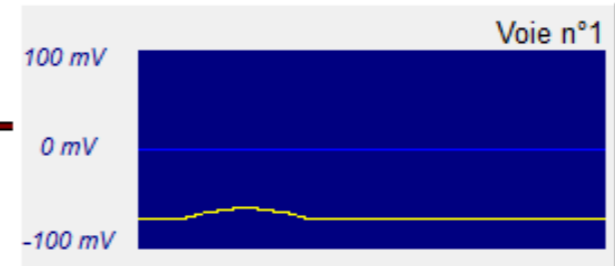
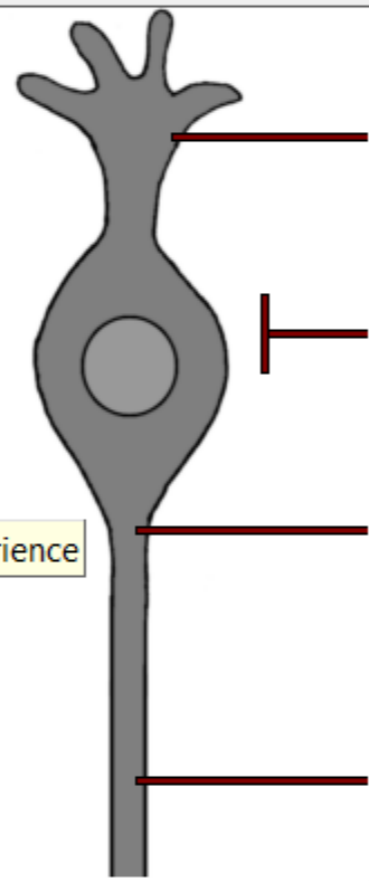
Démarrer l'expérience et
lancer l'enregistrement.


Démarrer l'expérience

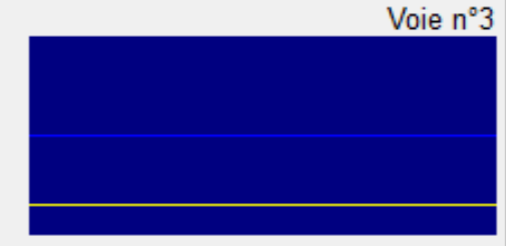
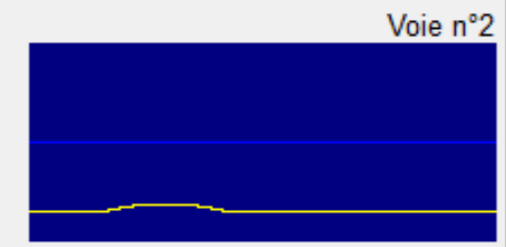
Effacer l'écran à chaque fois

 Effacer les écrans

 Aide  Quitter



(électrode de référence) U = -32 mV t = 1 ms



Fichier Expérience Ecran Aide

Intensité du stimulus =
concentration en molécules
odorantes

$\mu\text{mol/l}$

Démarrer l'expérience et
lancer l'enregistrement.

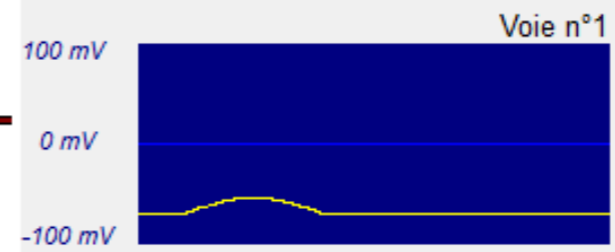
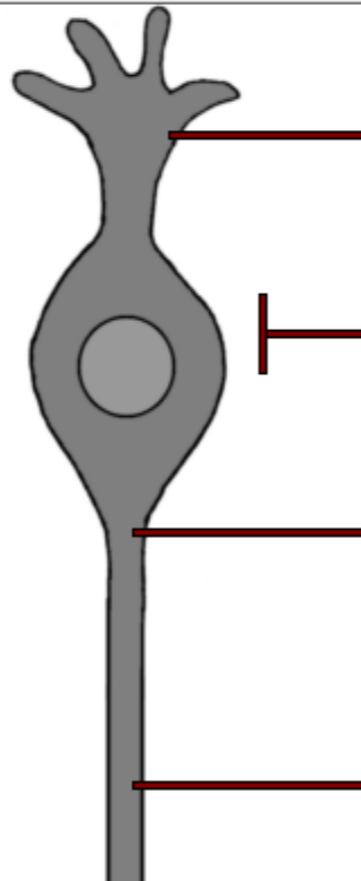


Effacer l'écran à chaque fois

Effacer les écrans

Aide

Quitter



(électrode de référence) $U = 58 \text{ mV}$ $t = 0 \text{ ms}$

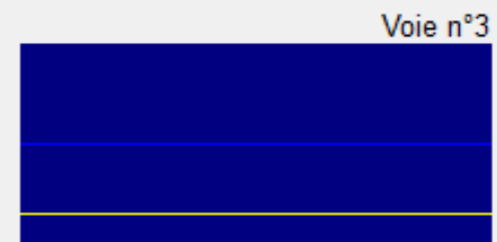
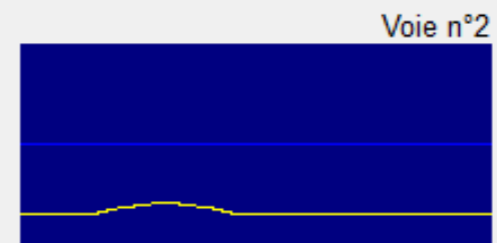
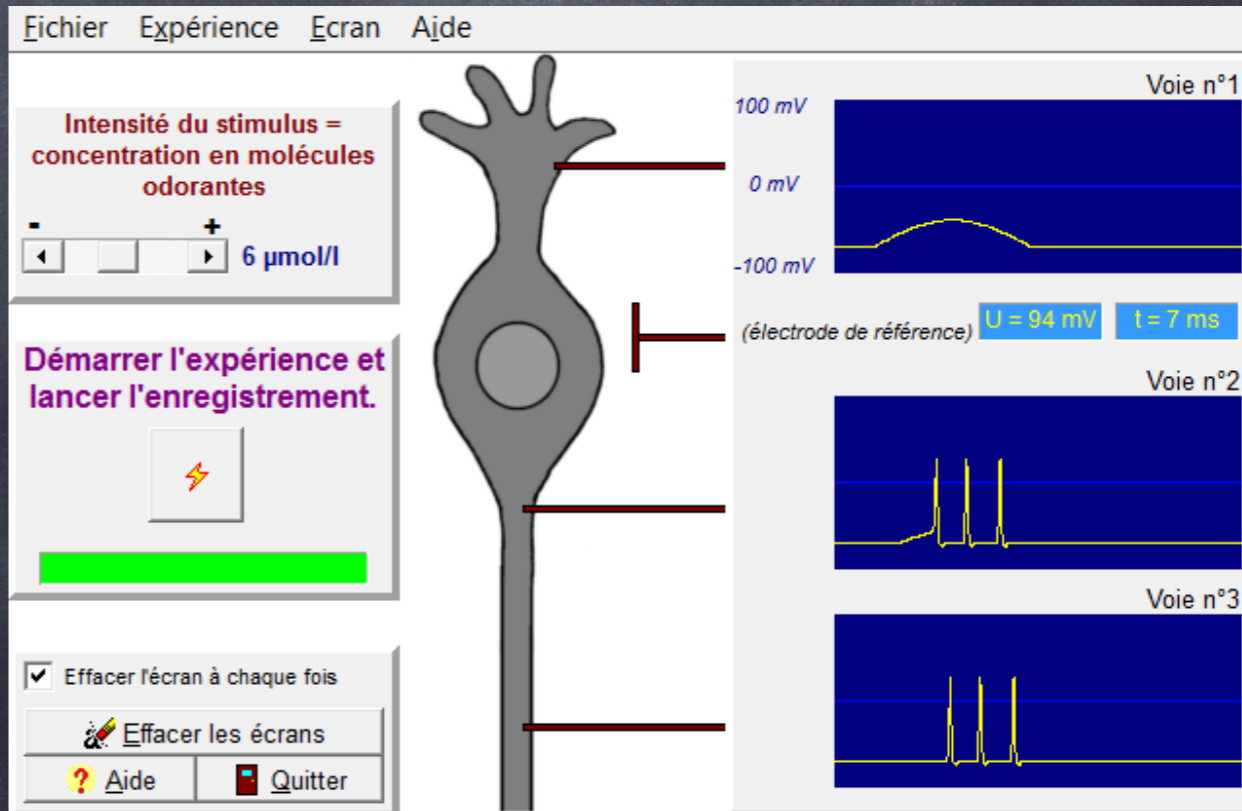
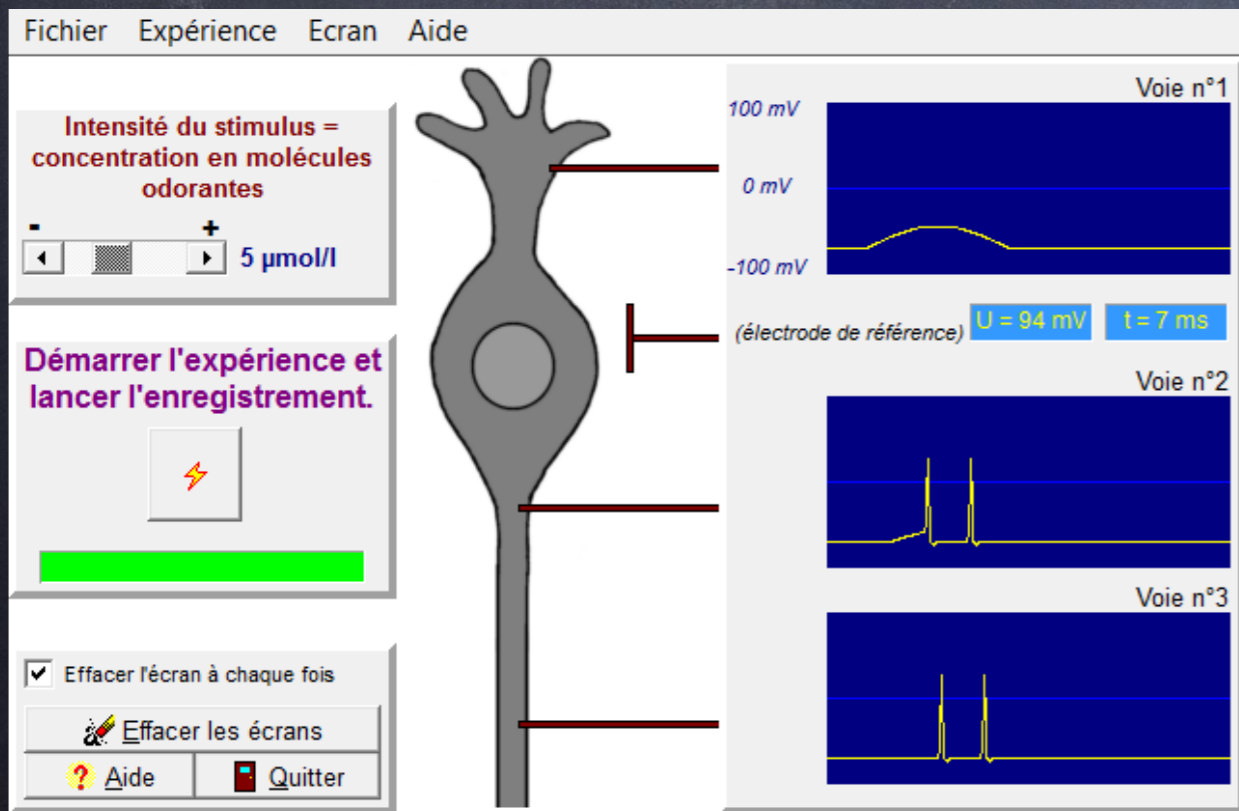
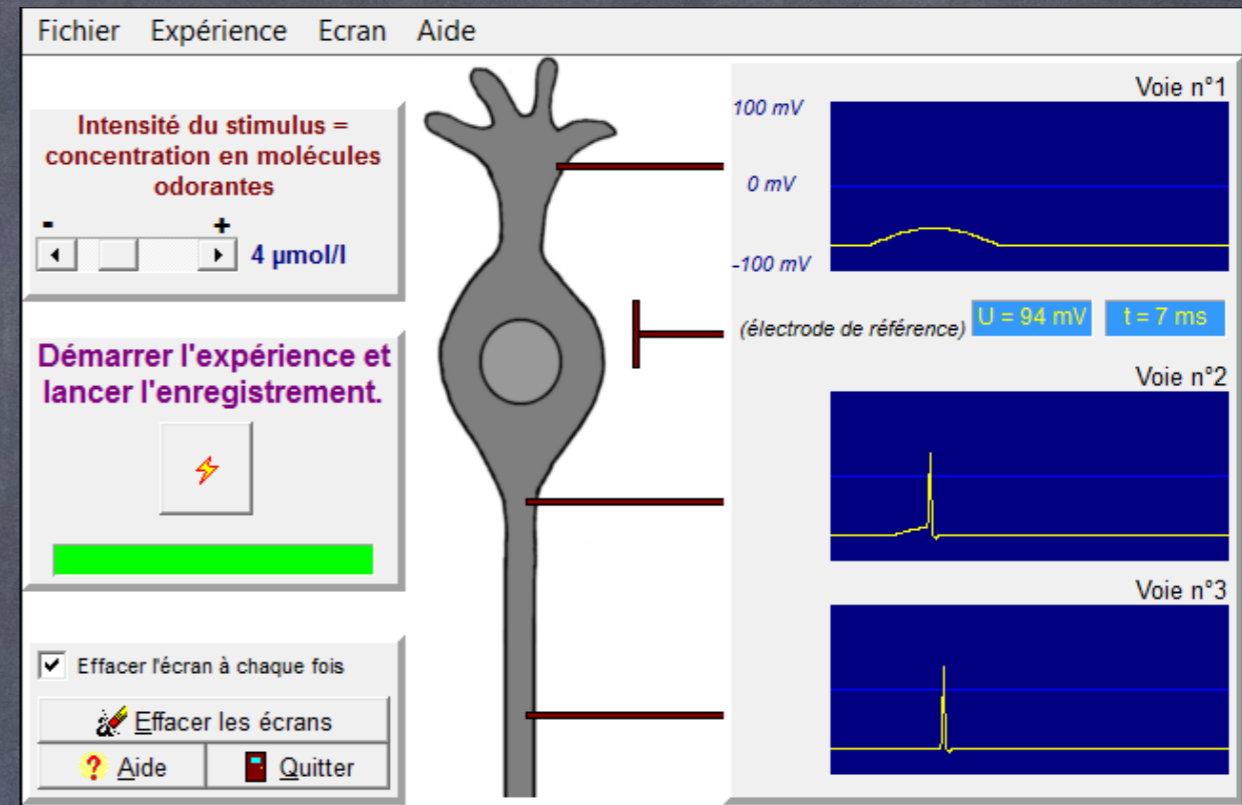
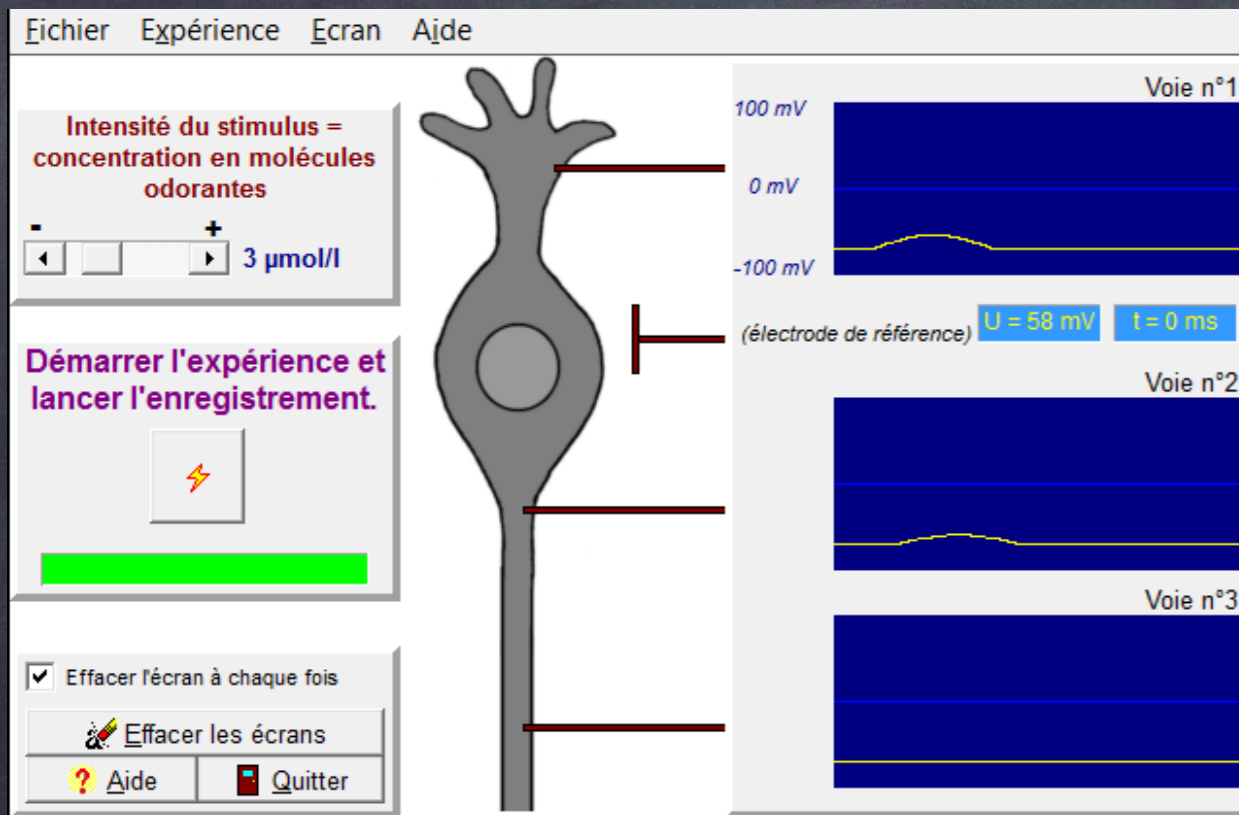


Tableau de résultats

I de la stimulation en $\mu\text{mole.L}^{-1}$	Electrode position 1	Electrode position 2	Electrode position 3	Interprétation
0	PR	PR	PR	Aucune activité
1	faible	dépolarisation	PR	La dépolarisation locale n'est pas propagée le long de l'axone
2	dépolarisation croissante	dépolarisation	PR	
3		dépolarisation	PR	
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				



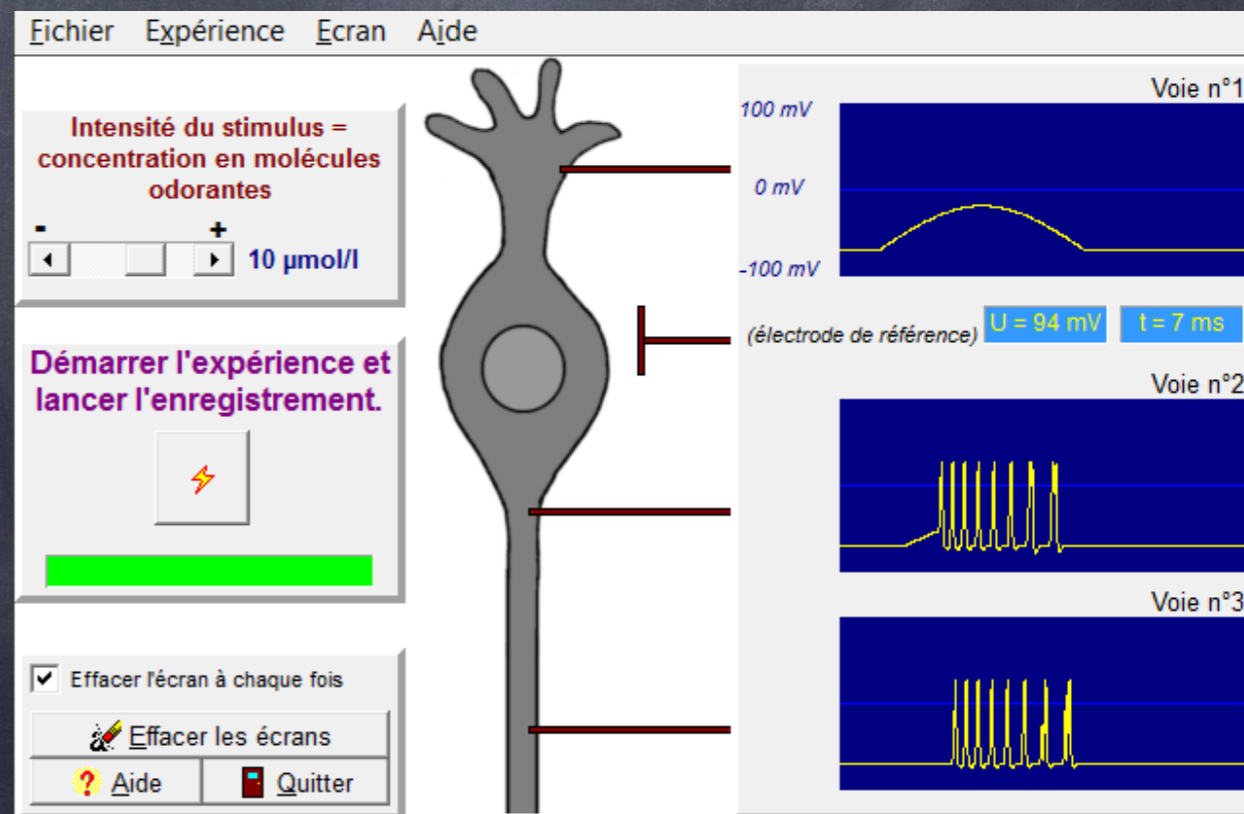
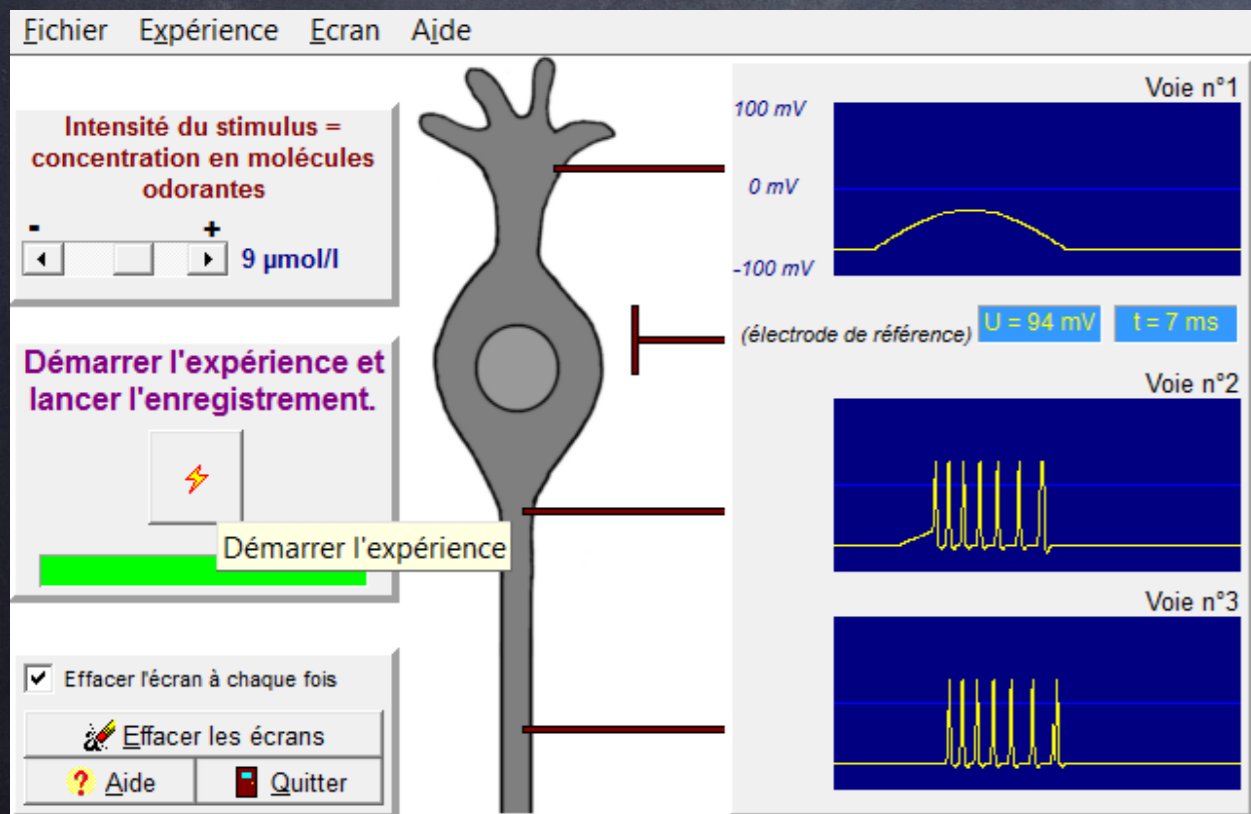
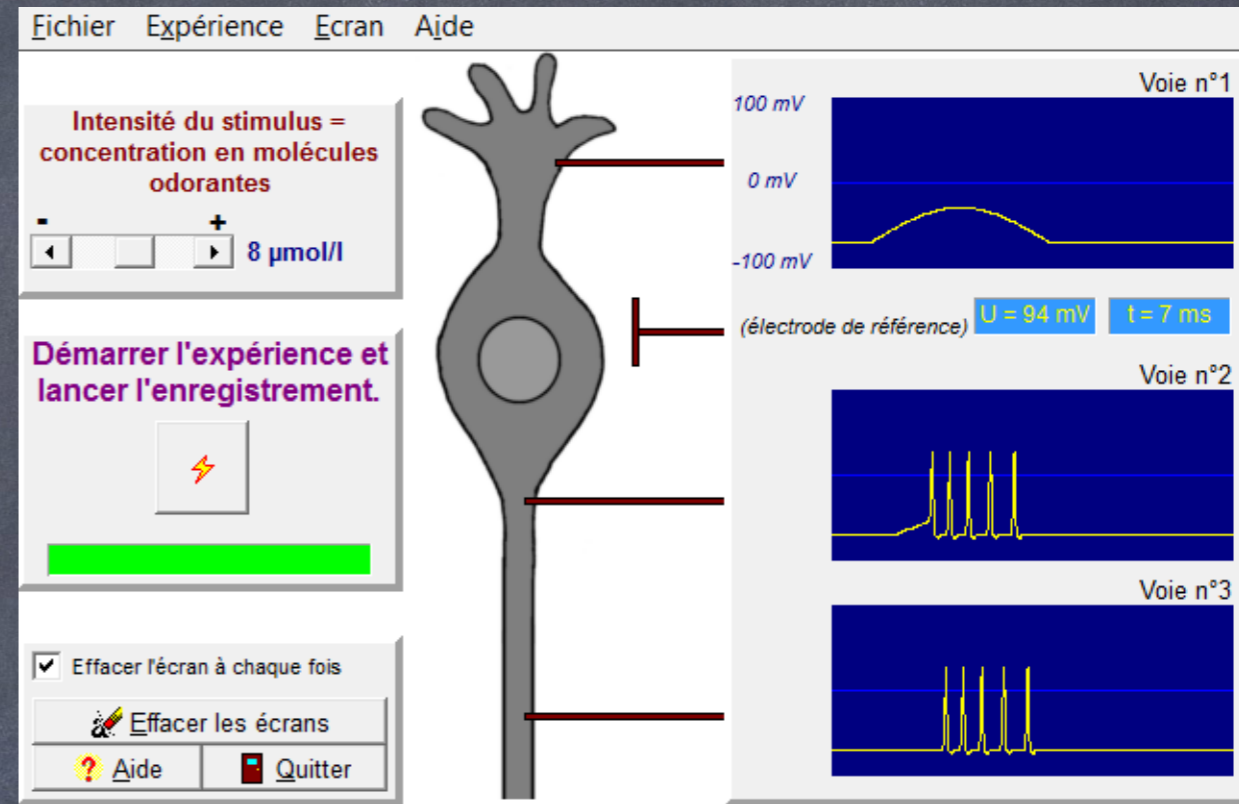
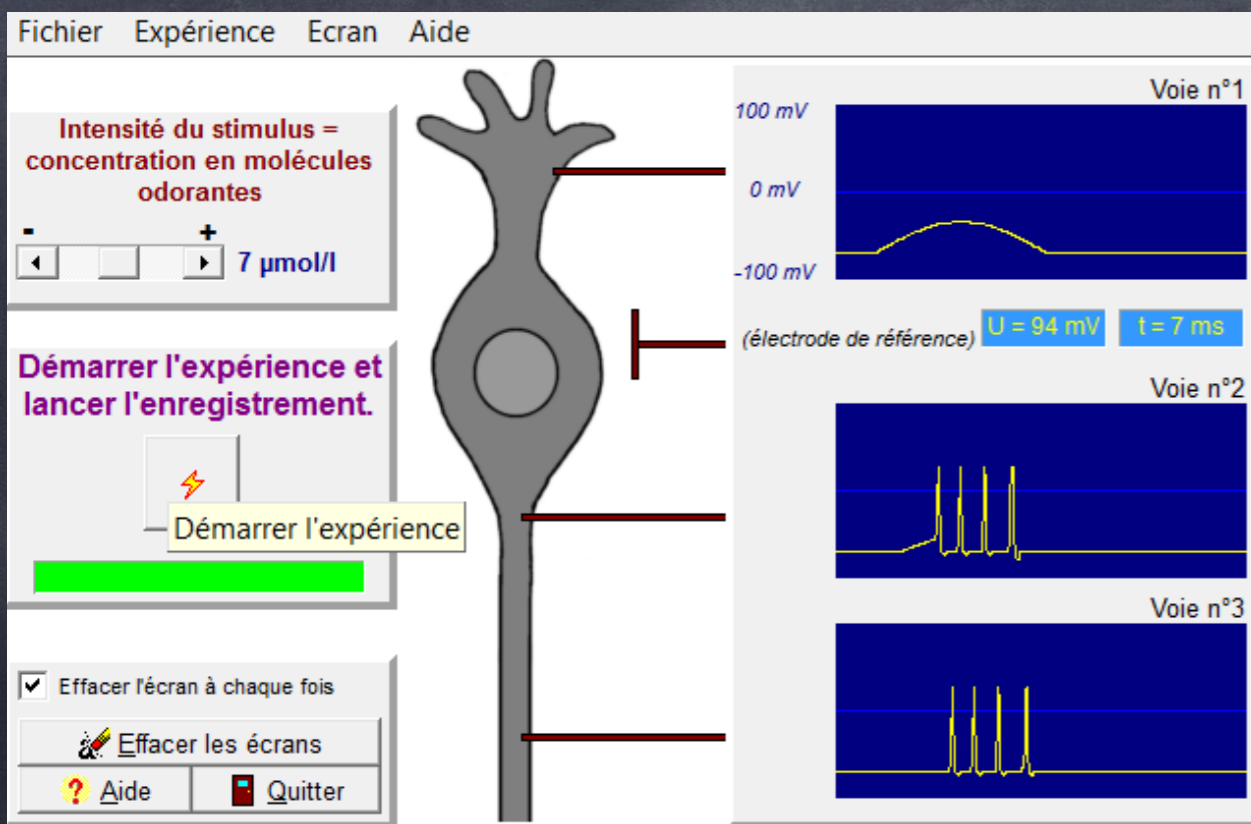
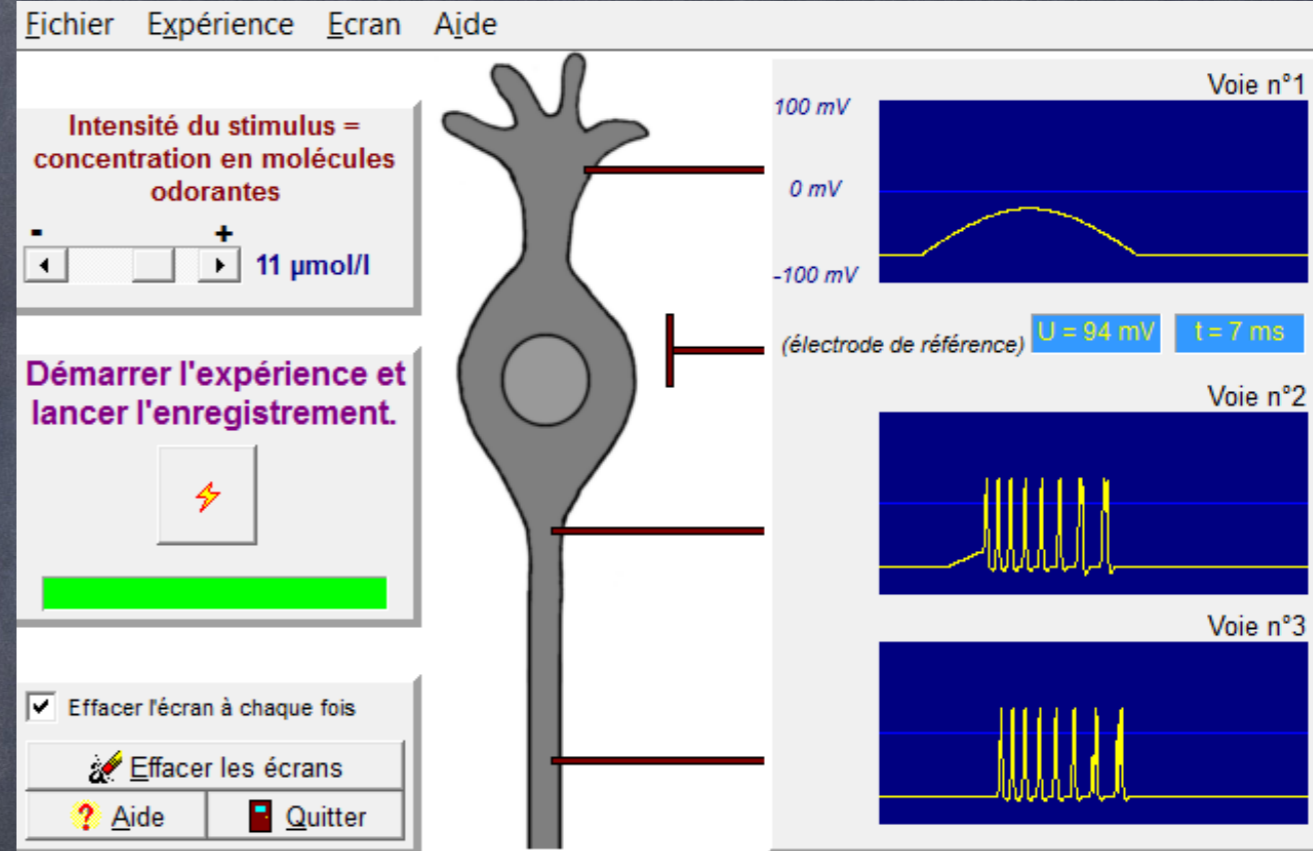
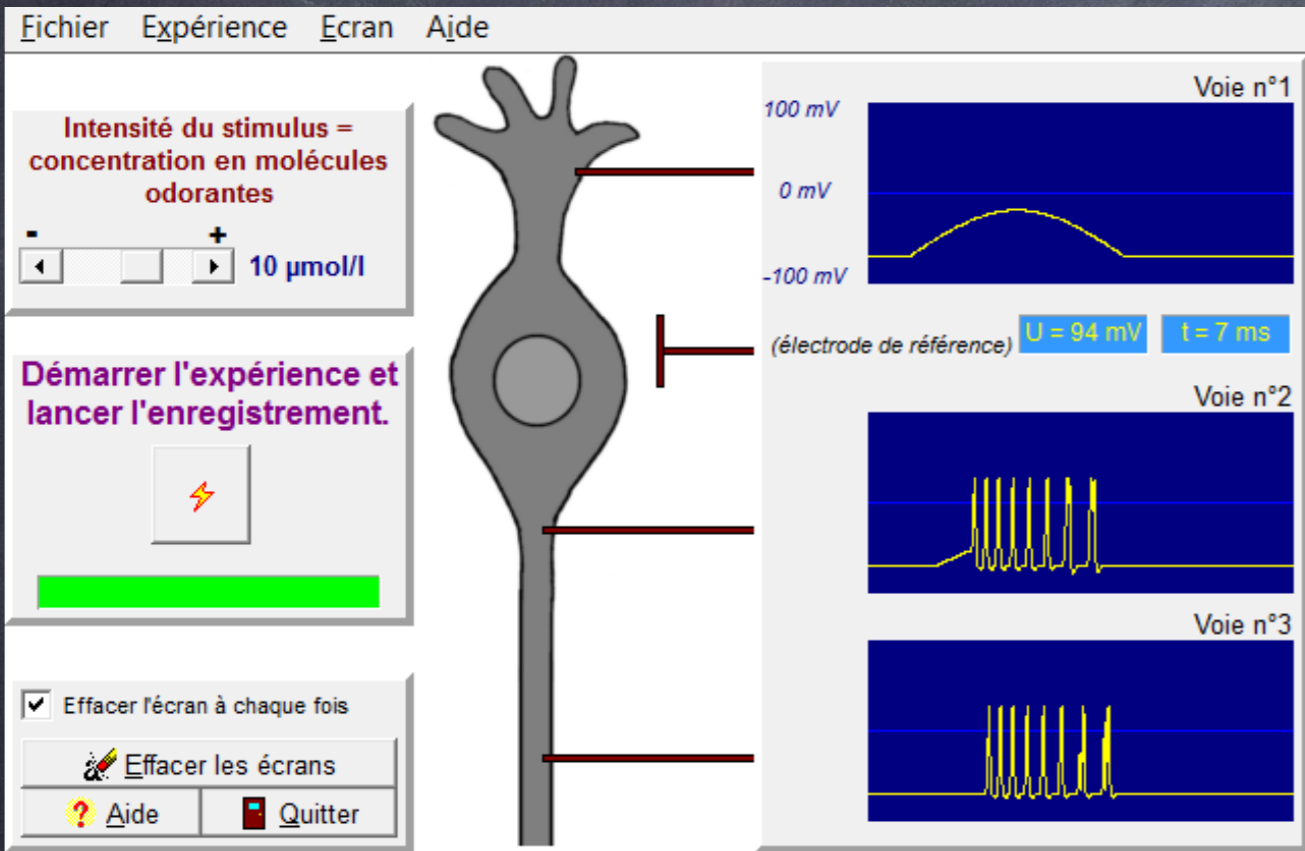


Tableau de résultats

I de la stimulation en $\mu\text{mole.L}^{-1}$	Electrode position 1	Electrode position 2	Electrode position 3	Interprétation
0	PR	PR	PR	Aucune activité
1	faible	dépolarisation	PR	La dépolarisation locale n'est pas propagée le long de l'axone
2	dépolarisation croissante	dépolarisation	PR	
3		dépolarisation	PR	
4	dépolarisation plus forte et croissante avec l'intensité de la stimulation	1 PA	1 PA	La stimulation dépasse le seuil de 3: le neurone fabrique un ou des PA propagés y compris le long de l'axone, et le nombre de PA émis augmente avec l'intensité de la stimulation. Tous les PA sont semblables: même amplitude.
5		2 PA	2 PA	
6		3 PA	3 PA	
7		4 PA	4 PA	
8		5 PA	5 PA	
9		7 PA	7 PA	
10		8 PA	8 PA	
11				
12				
13				
14				
15				



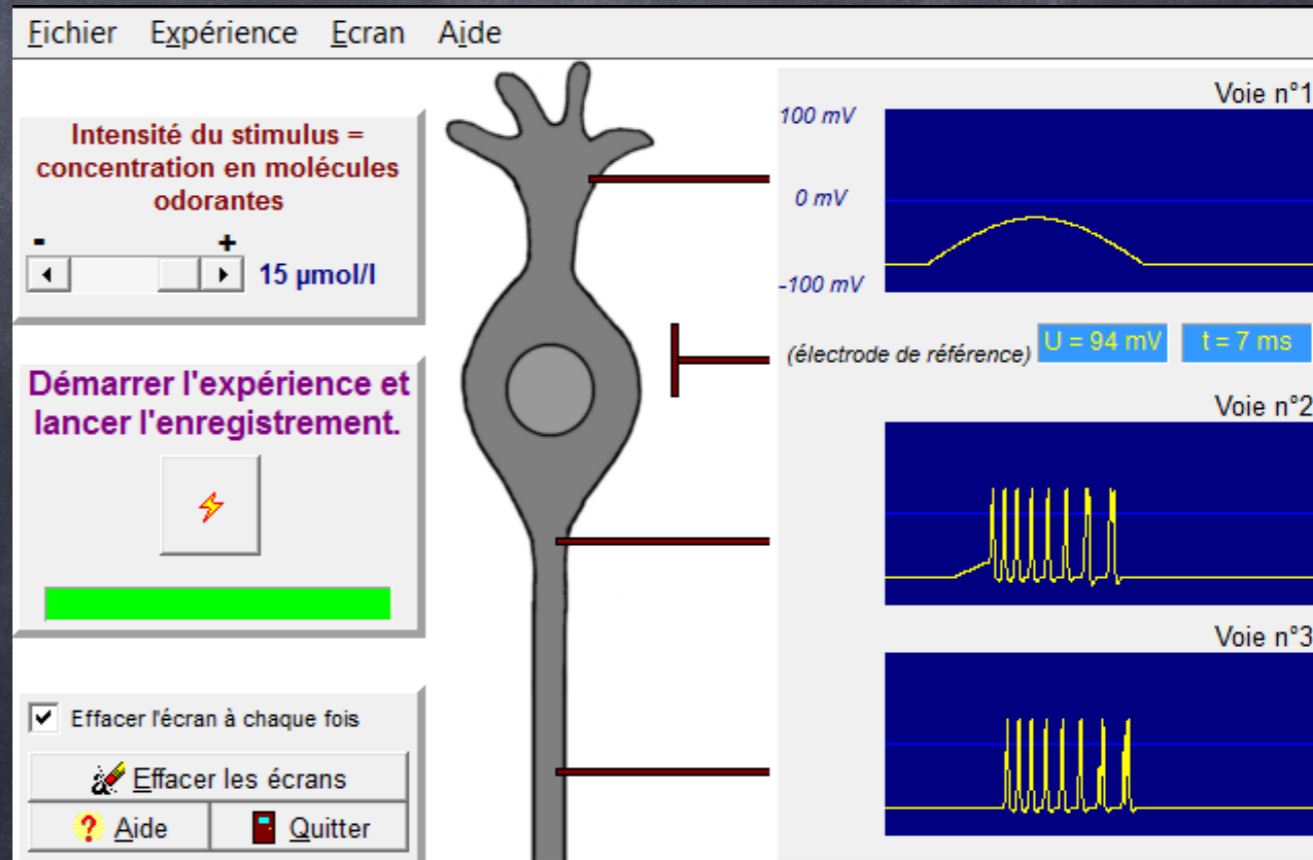
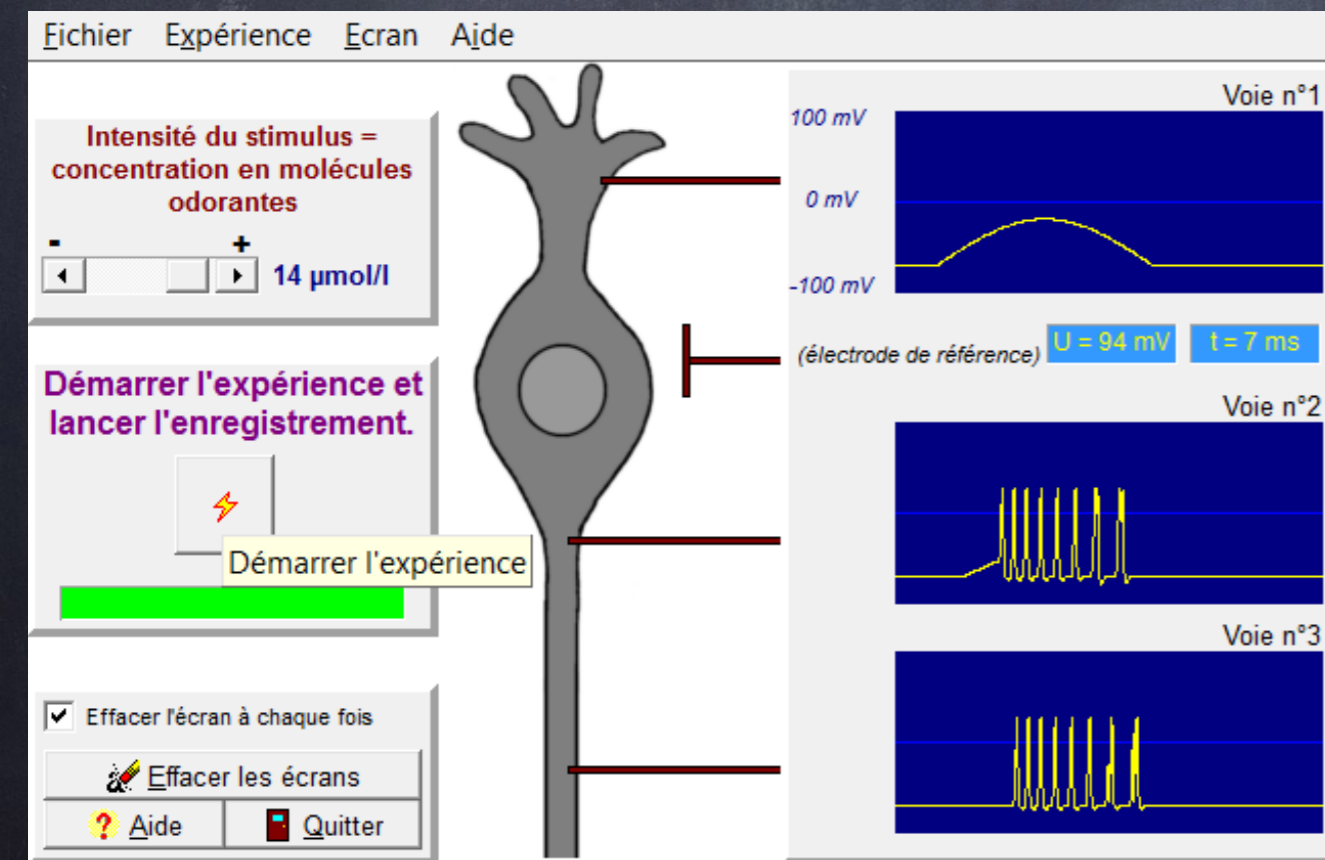
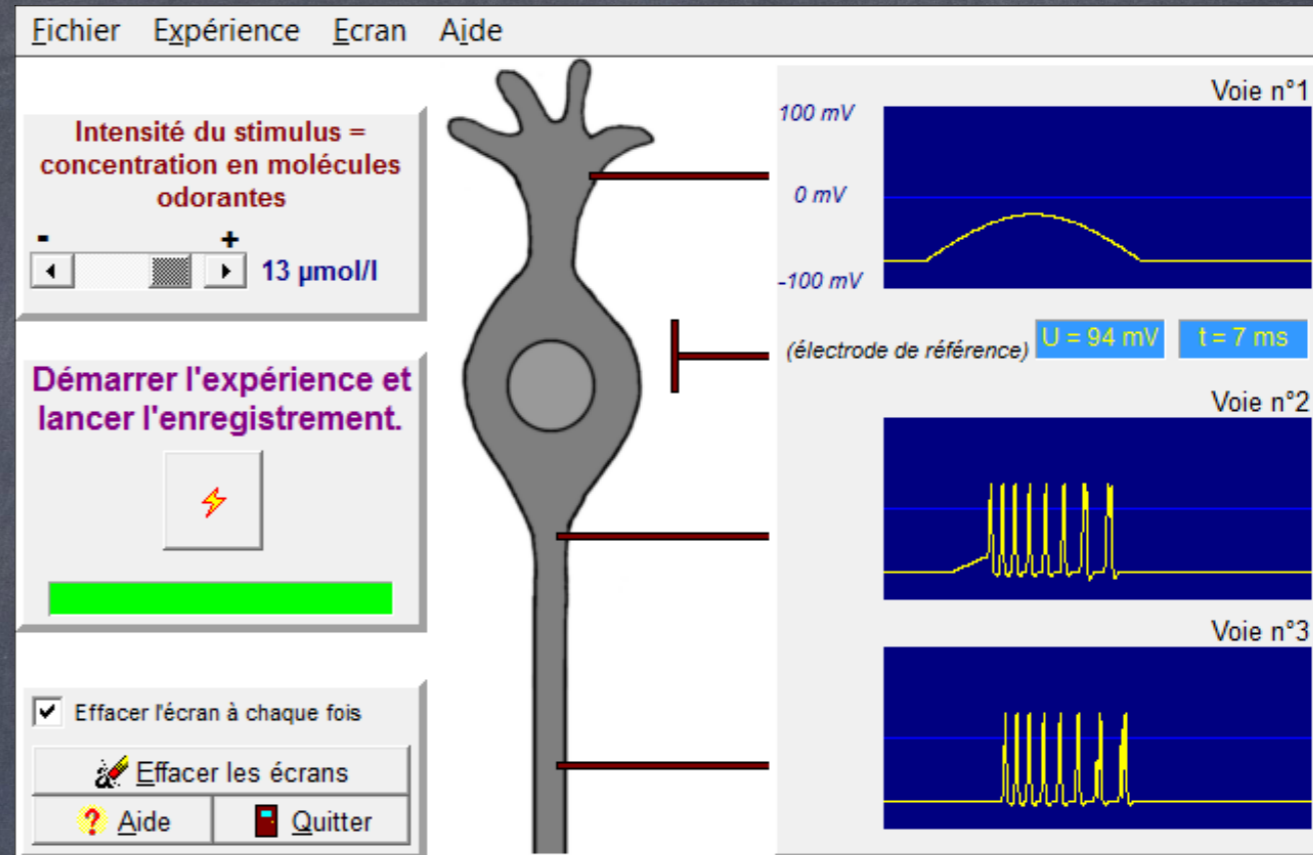
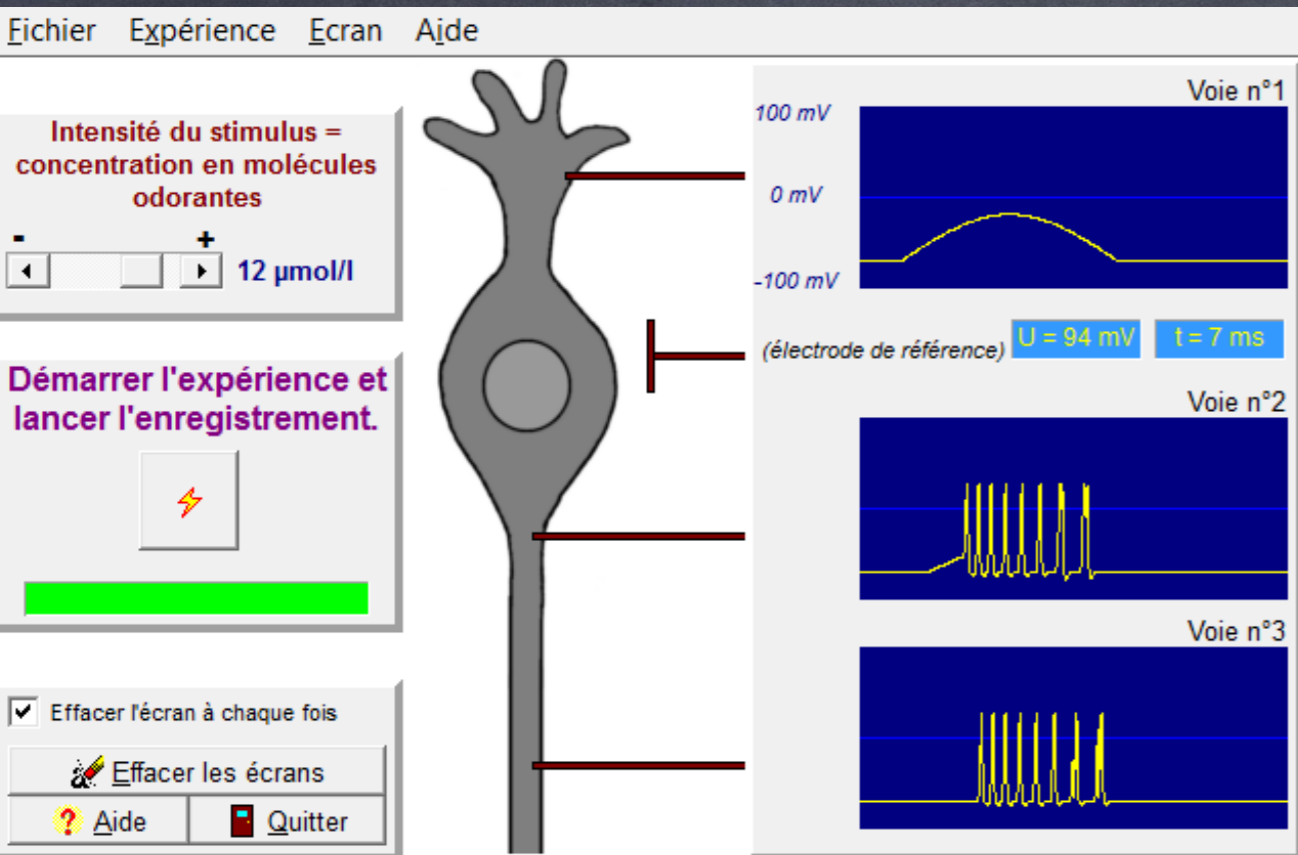


Tableau de résultats

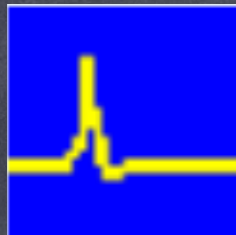
I de la stimulation en $\mu\text{mole.L}^{-1}$	Electrode position 1	Electrode position 2	Electrode position 3	Interprétation
0	PR	PR	PR	Aucune activité
1	faible	dépolarisation	PR	La dépolarisation locale n'est pas propagée le long de l'axone
2	dépolarisation croissante	dépolarisation	PR	
3		dépolarisation	PR	
4	dépolarisation plus forte et croissante avec l'intensité de la stimulation	1 PA	1 PA	La stimulation dépasse le seuil de 3: le neurone fabrique un ou des PA propagés y compris le long de l'axone, et le nombre de PA émis augmente avec l'intensité de la stimulation. Tous les PA sont semblables: même amplitude.
5		2 PA	2 PA	
6		3 PA	3 PA	
7		4 PA	4 PA	
8		5 PA	5 PA	
9		7 PA	7 PA	
10		8 PA	8 PA	
11	La dépolarisation, maximale, n'augmente plus quel que soit l'intensité de la stimulation	8 PA	8 PA	Le nombre de PA émis reste au maximum 8, quelle que soit l'intensité de la stimulation.
12		8 PA	8 PA	
13		8 PA	8 PA	
14		8 PA	8 PA	
15		8 PA	8 PA	

Bilan :

Le récepteur est sensible à toute stimulation mais n'émet de potentiels d'action propagés qu'à partir d'une valeur seuil de stimulation, ici $4 \mu\text{mole.L}^{-1}$.

L'intensité de la stimulation est codée par le nombre de PA émis, mais tous sont identiques (même durée, même amplitude). L'activité maximale du neurone est atteinte pour une stimulation de $10 \mu\text{mole.L}^{-1}$ et n'augmente plus quand la stimulation augmente.

Le neurone, une unité d'intégration



Logiciel SomTemp

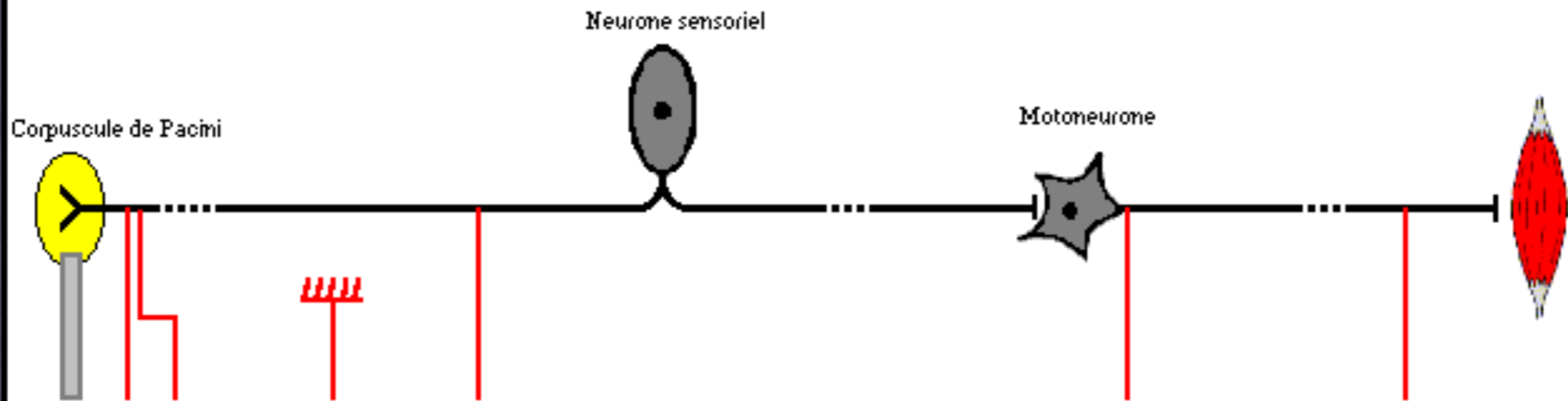
On étudie ici les conditions nécessaires à la propagation du message nerveux du mécanorécepteur à l'effecteur (muscle).

On enregistre donc au niveau

- du récepteur (1),
- du corps cellulaire du motoneurone (2),
- de son axone (3),
- du muscle (4).

On fait varier l'intensité de la stimulation et sa durée

Déterminez de quoi dépend la transmission du message nerveux le long d'une chaîne de neurones



Stimulation
mécanique au
niveau du
récepteur

Intensité stimulation
◀ ▶ **4 UA**

Durée stimulation
◀ ▶

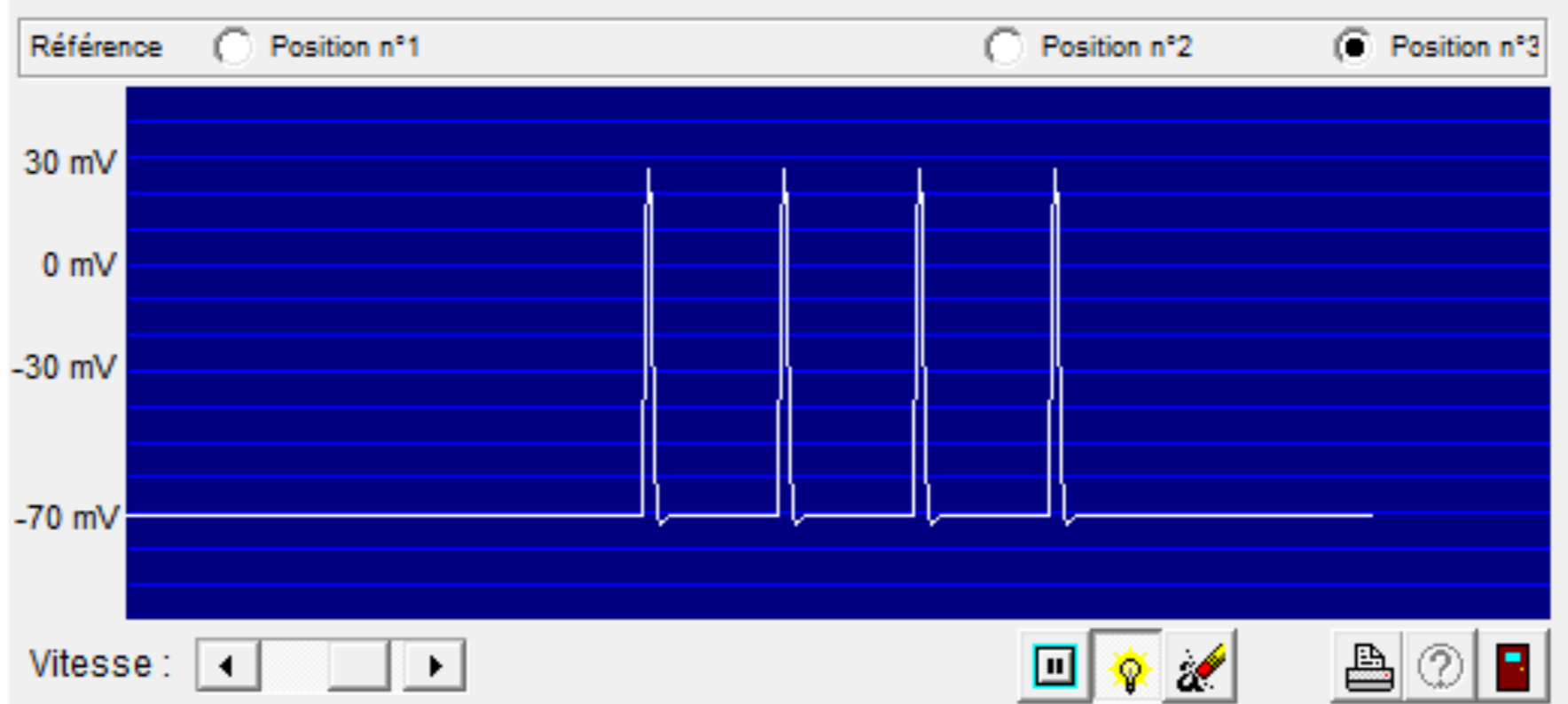


Tableau de résultats

intensité de stimulation	durée	observation en position 1	observation en position 2	observation en position 3	observation du muscle	interprétation
1	courte	rien	rien	rien	rien	les conditions de stimulation ne sont pas suffisantes pour provoquer la contraction musculaire
	longue	rien	rien	rien	rien	
2	courte	PA	petite dépolari- sation	rien	rien	
	longue	PA	dépolari- sation	rien	rien	
3	courte	PA	dépolari- sation	rien	rien	
	longue	plusieurs PA	PA	1 PA	1 contraction	
4	courte	nombreux PA	nombreux PA	1 PA	1 contraction	contraction musculaire proportionnelle au nombre de PA propagés
	longue	très nombreux PA	nombreux PA	3 PA	3 contractions	

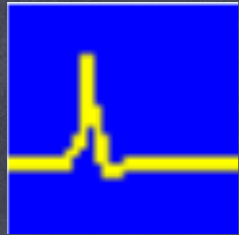
Bilan :

L'effecteur (ici le muscle) n'est mis en jeu que pour des stimulations suffisamment importantes en intensité et / ou en durée pour permettre la propagation de PA jusqu'à lui.

Une information qui transite sur le neurone sensitif ne donne pas forcément lieu à un message efficace sur le neurone moteur. Le corps cellulaire du motoneurone réceptionne les messages nerveux et les traite. Plusieurs potentiels d'action à la suite sont nécessaires pour permettre la création d'un potentiel d'action qui se propagera sur l'axone du motoneurone.

Par contre, la transmission du motoneurone au muscle est automatique : chaque PA provoque une contraction.

Le neurone, une unité d'intégration

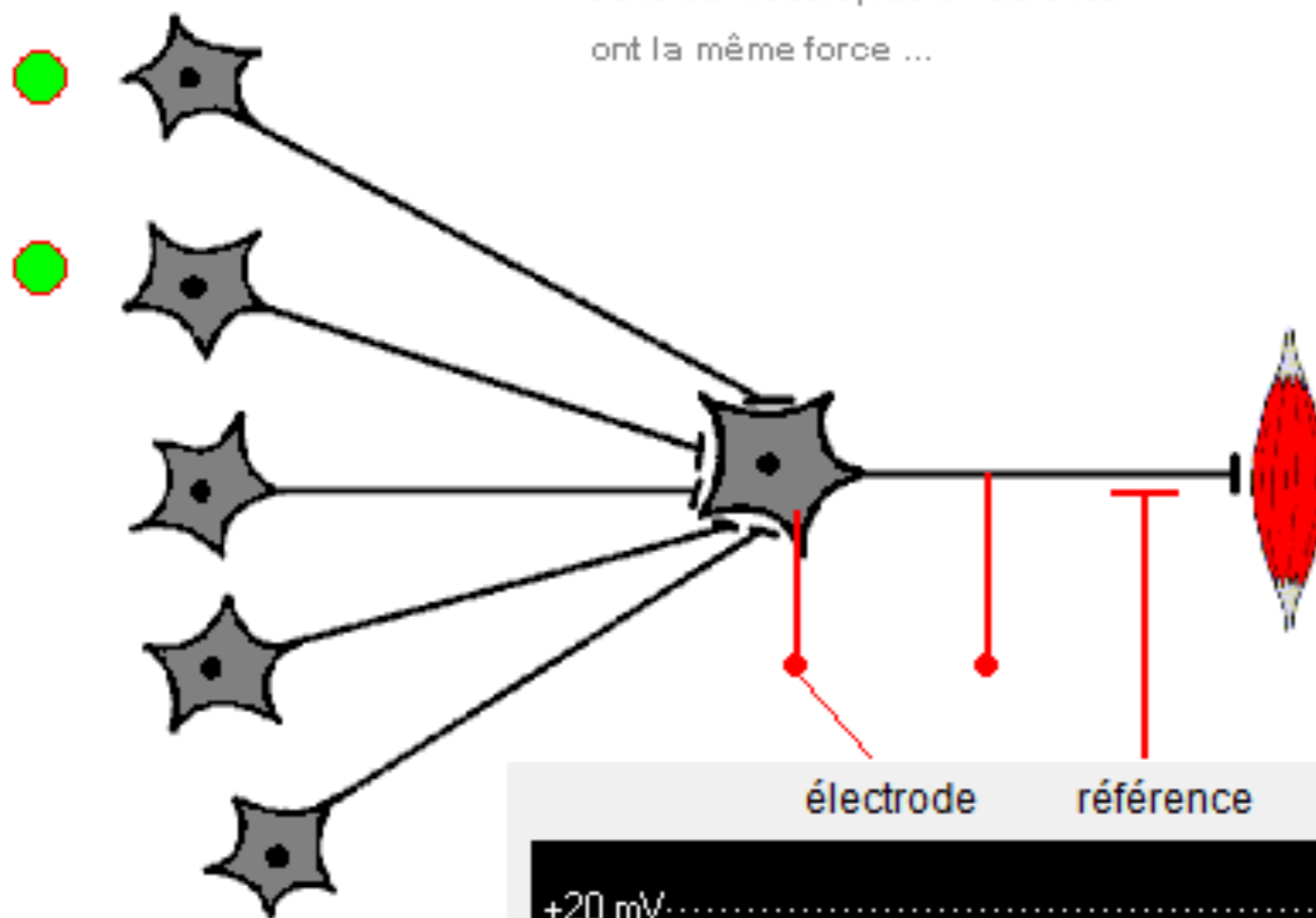



Logiciel SomSpac

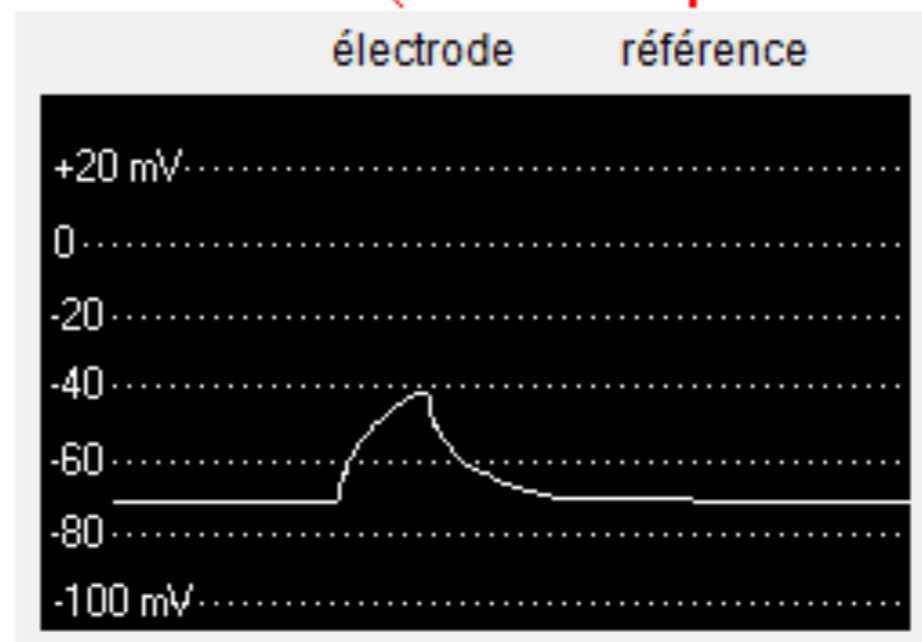
On peut stimuler de 1 à 5 neurones excitateurs (N.E.) et de 1 à 5 neurones inhibiteurs (N.I.)

Déterminez de quoi dépend la transmission du message nerveux le long d'une chaîne de neurones

Dans ce modèle, les 5 neurones ont la même force ...



 Départ



SOMMATION SPATIALE

Type du neurone :

- inactif
- excitateur
- inhibiteur

MODE D'EMPLOI :

- 1) Activer au moins un neurone dans la fenêtre de gauche
- 2) Choisir l'un des deux emplacements possibles pour l'électrode
- 3) Cliquer sur [DEPART] et observer le résultat sur l'écran de l'oscilloscope

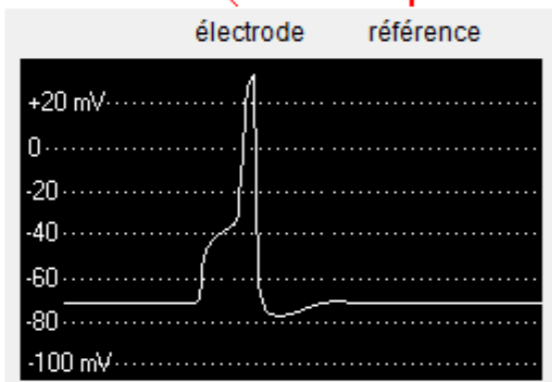
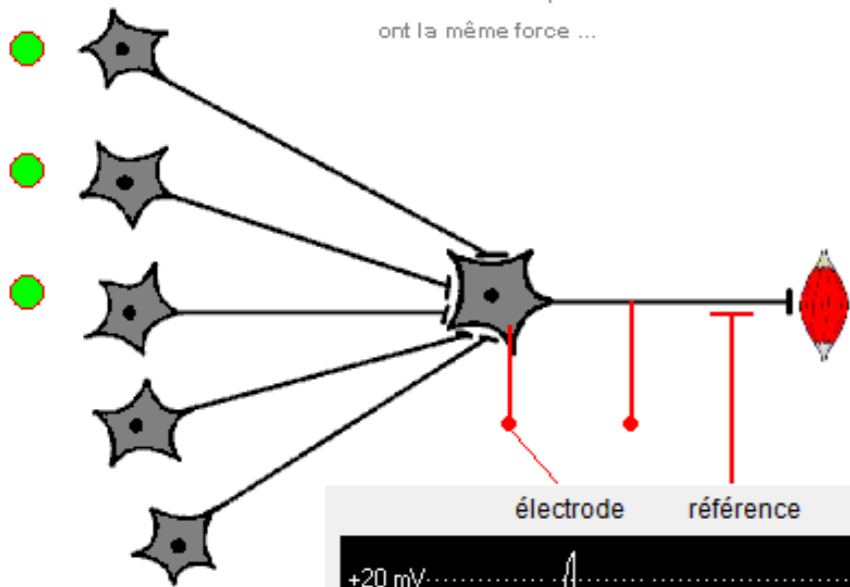
Bon travail !!!



Tableau de résultats

Stimulation	Niveau cellulaire	Niveau axone	Muscle	Interprétation
1 N.E.	dépolarisation	rien	rien	Stimulations insuffisantes
2 N.E.	dépolarisation	rien	rien	
3 ou 4 ou 5 N.E.				
4 N.E. et 1 N.I.				
3 N.E. et 2 N.I.				
2 N.E. ou moins et 3 N.I. ou plus				

Dans ce modèle, les 5 neurones ont la même force ...



⚡ Départ

SOMMATION SPATIALE

Type du neurone :

- inactif
- excitateur
- inhibiteur

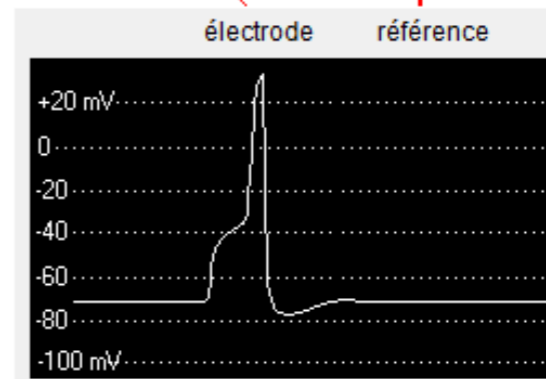
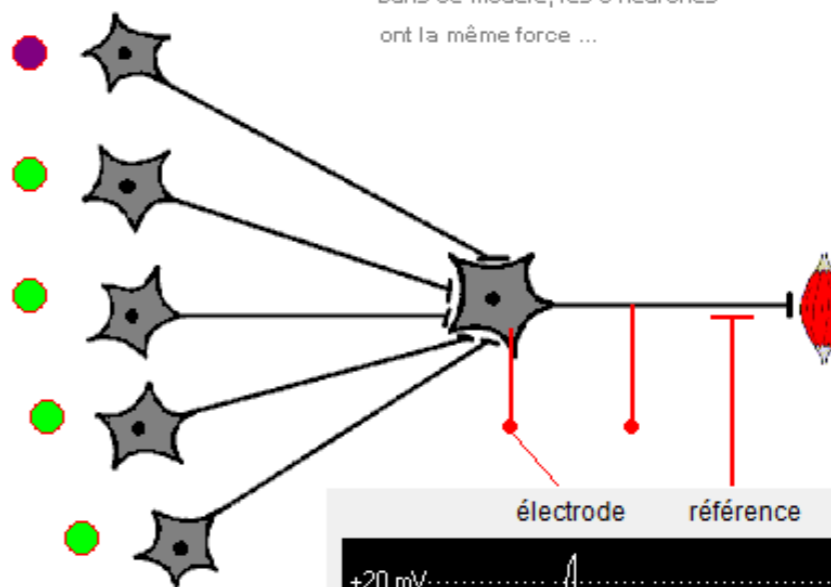
MODE D'EMPLOI :

- 1) Activer au moins un neurone dans la fenêtre de gauche
- 2) Choisir l'un des deux emplacements possibles pour l'électrode
- 3) Cliquer sur [DEPART] et observer le résultat sur l'écran de l'oscilloscope

Bon travail !!!



Dans ce modèle, les 5 neurones ont la même force ...



⚡ Départ

SOMMATION SPATIALE

Type du neurone :

- inactif
- excitateur
- inhibiteur

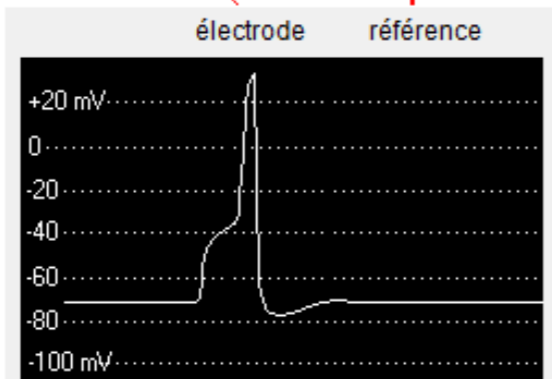
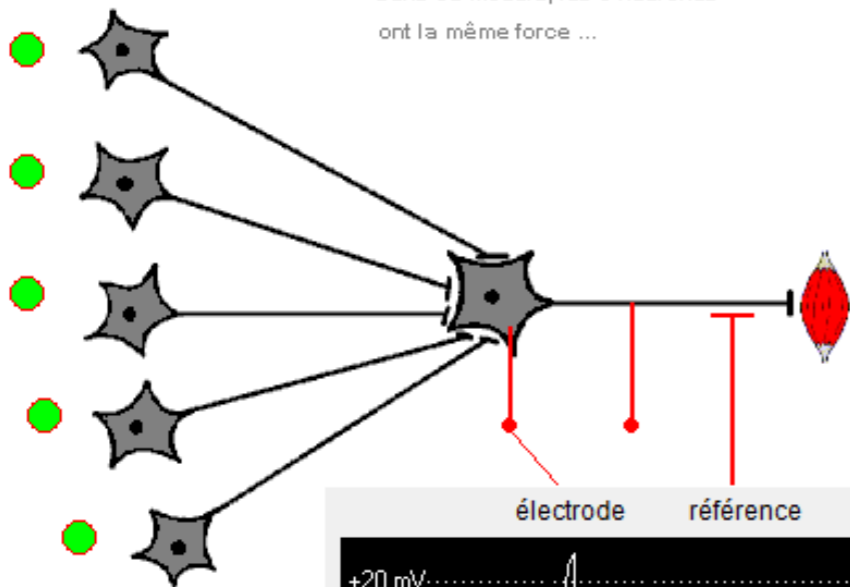
MODE D'EMPLOI :

- 1) Activer au moins un neurone dans la fenêtre de gauche
- 2) Choisir l'un des deux emplacements possibles pour l'électrode
- 3) Cliquer sur [DEPART] et observer le résultat sur l'écran de l'oscilloscope

Bon travail !!!



Dans ce modèle, les 5 neurones ont la même force ...



⚡ Départ

SOMMATION SPATIALE

Type du neurone :

- inactif
- excitateur
- inhibiteur

MODE D'EMPLOI :

- 1) Activer au moins un neurone dans la fenêtre de gauche
- 2) Choisir l'un des deux emplacements possibles pour l'électrode
- 3) Cliquer sur [DEPART] et observer le résultat sur l'écran de l'oscilloscope

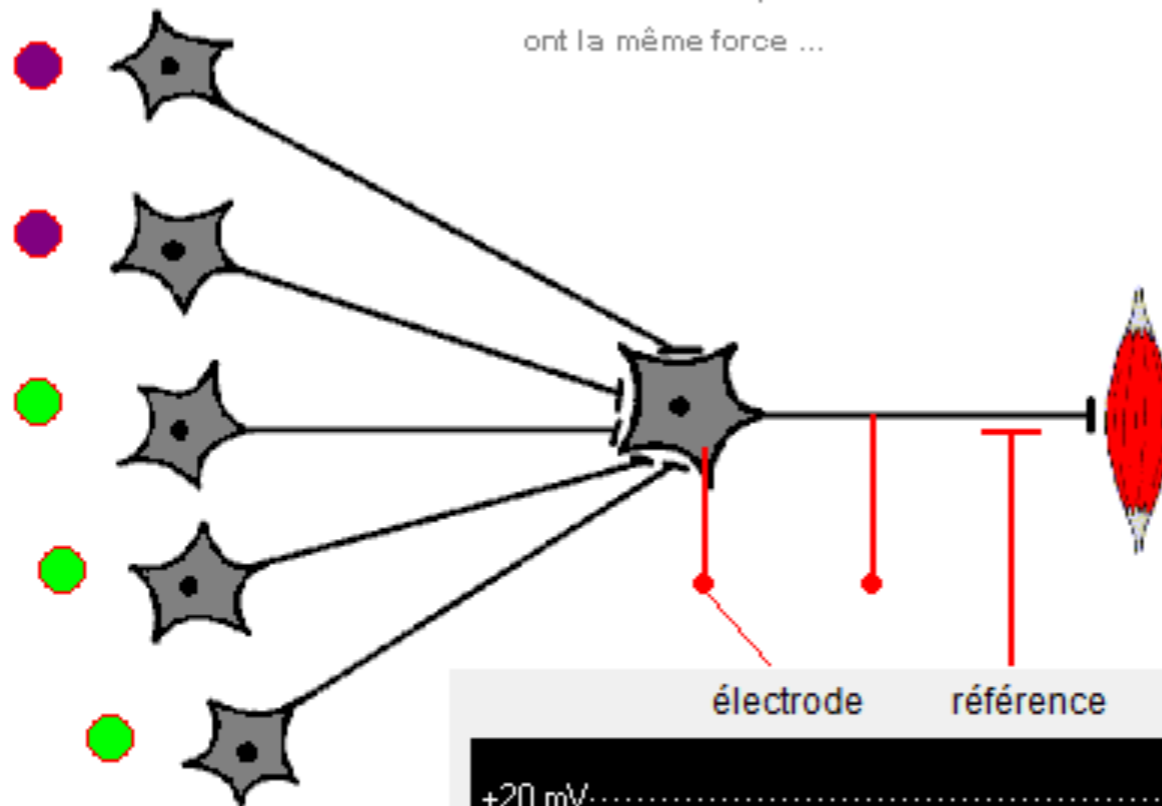
Bon travail !!!



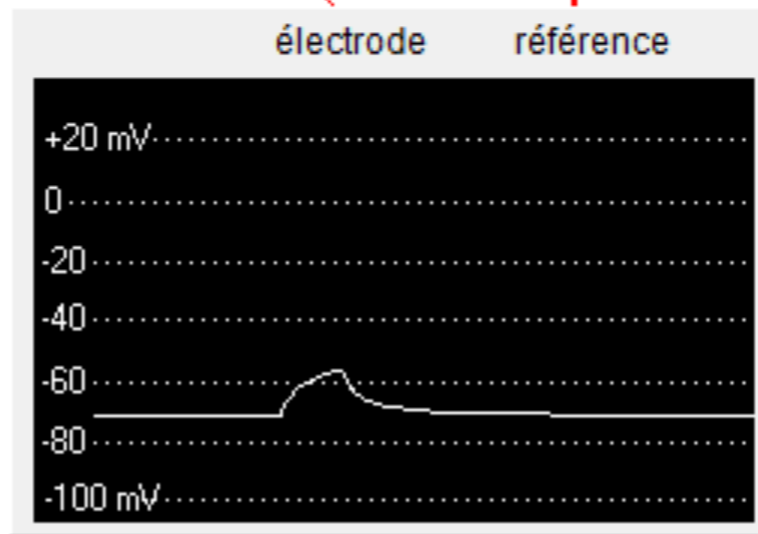
Tableau de résultats

Stimulation	Niveau cellulaire	Niveau axone	Muscle	Interprétation
1 N.E.	dépolarisation	rien	rien	Stimulations insuffisantes
2 N.E.	dépolarisation	rien	rien	
3 ou 4 ou 5 N.E.	P.A.	P.A.	contraction	stimulations efficaces
4 N.E. et 1 N.I.	P.A.	P.A.	contraction	
3 N.E. et 2 N.I.				
2 N.E. ou moins et 3 N.I. ou plus				

Dans ce modèle, les 5 neurones ont la même force ...



⚡ Départ



SOMMATION SPATIALE

Type du neurone :

inactif

excitateur

inhibiteur

MODE D'EMPLOI :

1) Activer au moins un neurone dans la fenêtre de gauche

2) Choisir l'un des deux emplacements possibles pour l'électrode

3) Cliquer sur [DEPART] et observer le résultat sur l'écran de l'oscilloscope

Bon travail !!!



Tableau de résultats

Stimulation	Niveau cellulaire	Niveau axone	Muscle	Interprétation
1 N.E.	dépolarisation	rien	rien	Stimulations insuffisantes
2 N.E.	dépolarisation	rien	rien	
3 ou 4 ou 5 N.E.	P.A.	P.A.	contraction	stimulations efficaces
4 N.E. et 1 N.I.	P.A.	P.A.	contraction	
3 N.E. et 2 N.I.	dépolarisation	rien	rien	antagonisme entre les 2 types de neurones
2 N.E. ou moins et 3 N.I. ou plus	hyperpolarisation	rien	rien	

Bilan :

il existe 2 sortes de neurones :

- ceux qui libèrent au niveau synaptique des neuromédiateurs excitateurs
- ceux qui libèrent des neuromédiateurs inhibiteurs:

Le neurone postsynaptique réagit en fonction de la somme algébrique des messages reçus et module ainsi son activité. Les neurones inhibiteurs induisent une hyperpolarisation de la membrane, diminuant ainsi ponctuellement l'excitabilité du neurone.

(Attention : un neurone excitateur reste excitateur. Un neurone ne produit qu'un seul type de neurotransmetteur. Ici dans l'exercice on change le type de neurone ce qui n'est pas le cas dans la réalité.)