

Réf.12 Cerveau et mouvement volontaire

Cerveau et motricité

La moelle épinière est le centre nerveux impliqué dans les voies nerveuses réflexes.

Quel est le centre nerveux responsable des mouvements volontaires ?

Comment intervient le cerveau dans la commande du mouvement volontaire et pourquoi le préserver ?



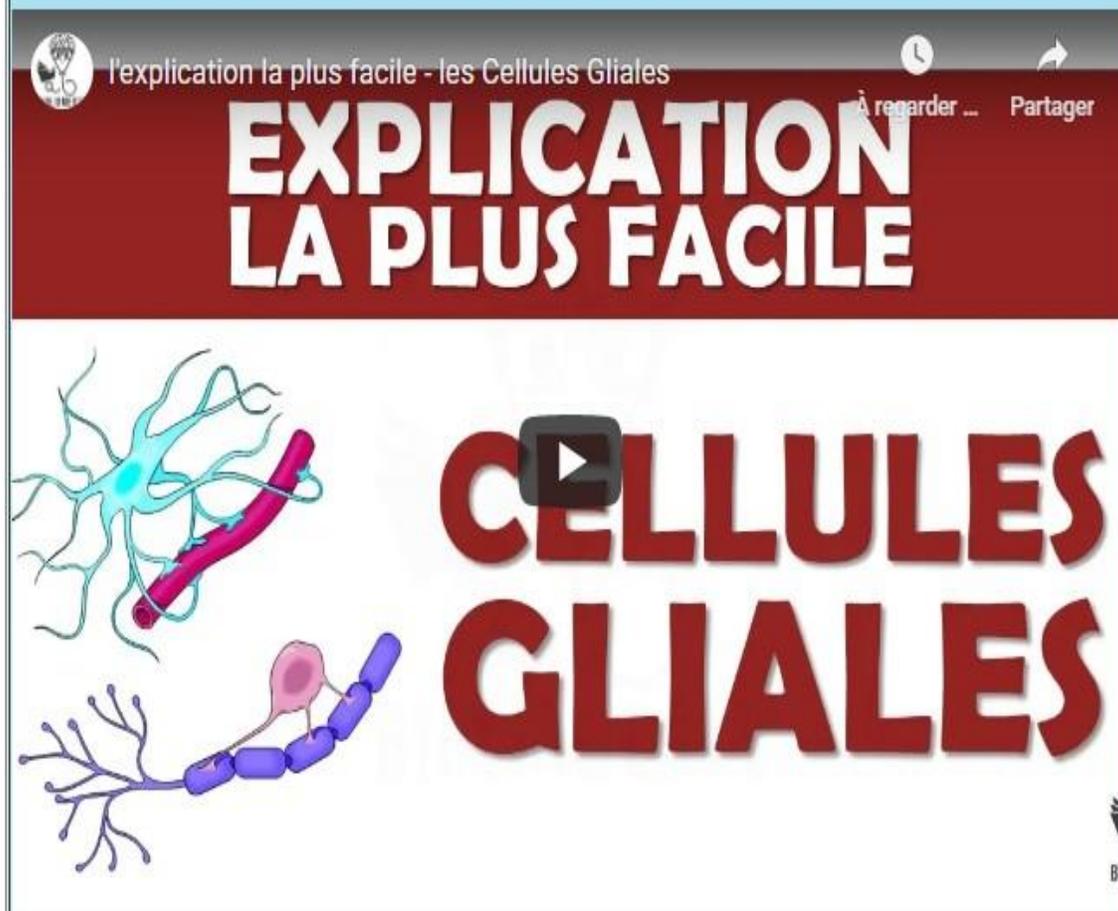
Neurones du cerveau d'une souris (microscopie confocale à fluorescence). Les noyaux sont marqués en bleu et une protéine cellulaire en jaune.

I La commande volontaire du mouvement

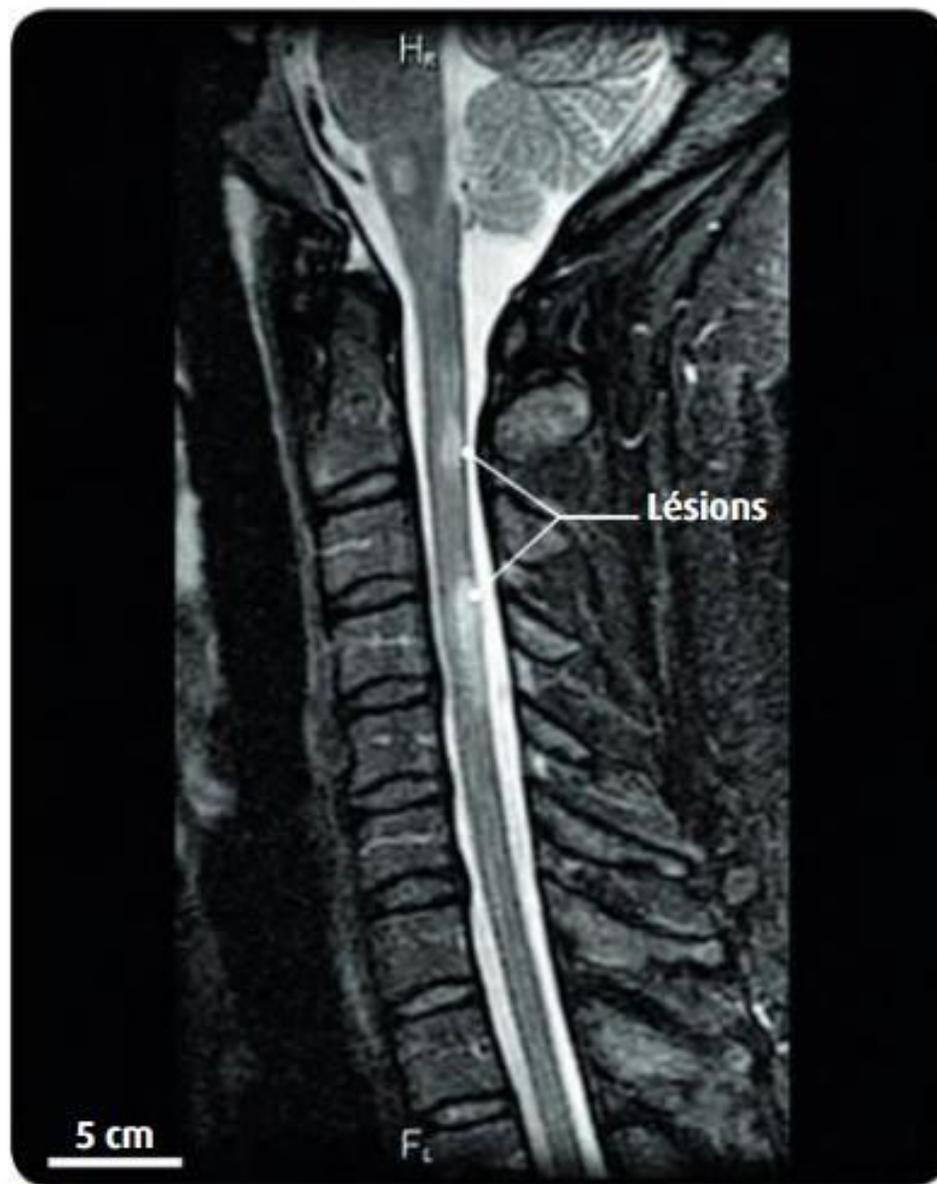
A Les cellules du cerveau

Quelles cellules composent le système nerveux central et quelles sont leurs fonctions ?

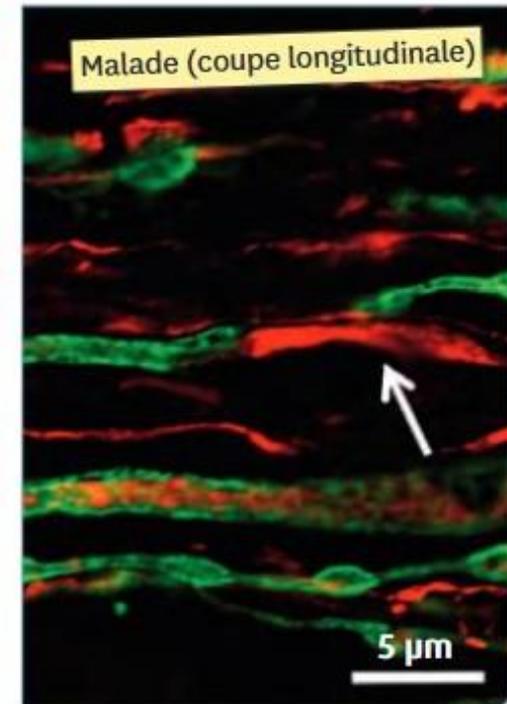
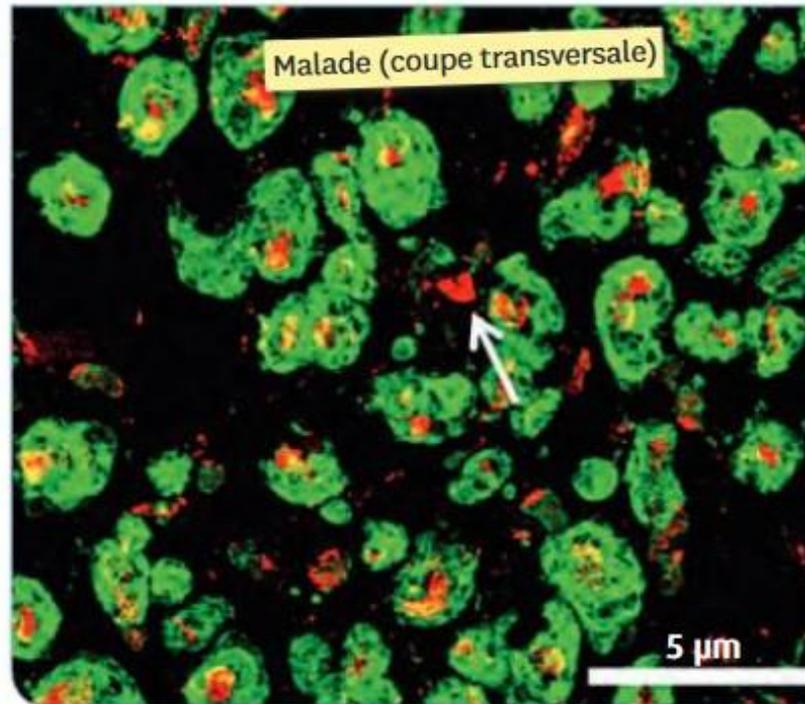
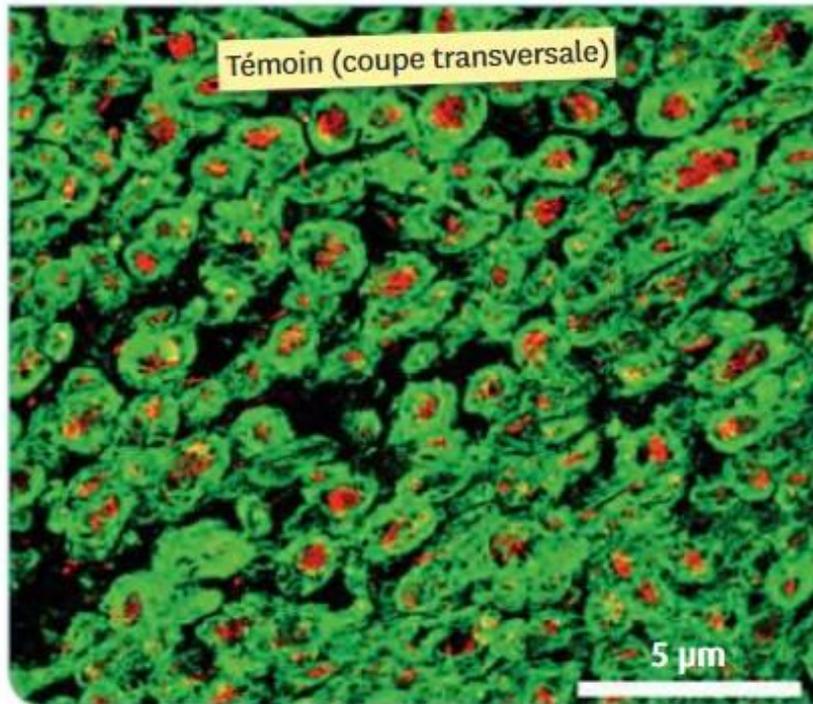
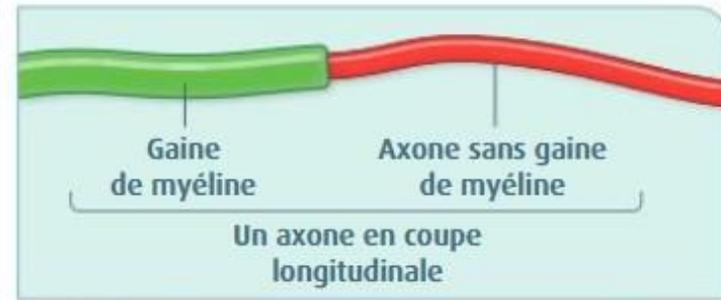
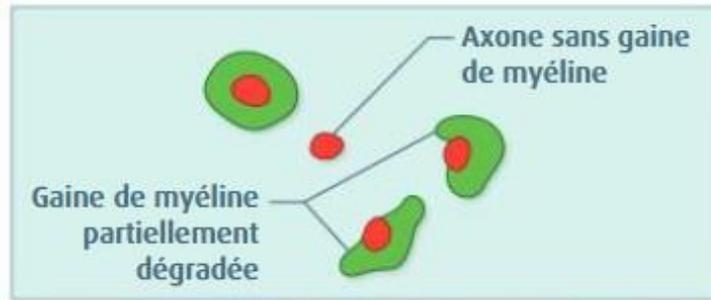
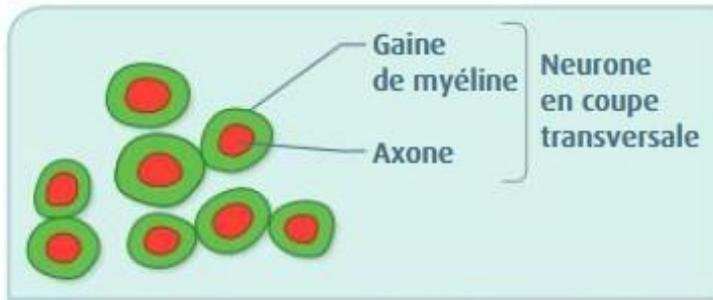
Vidéo n°1: Consigne => sous forme d'un tableau dans votre cours, récapituler les trois grands types de cellules gliales présentes dans le cerveau en précisant leur rôle.



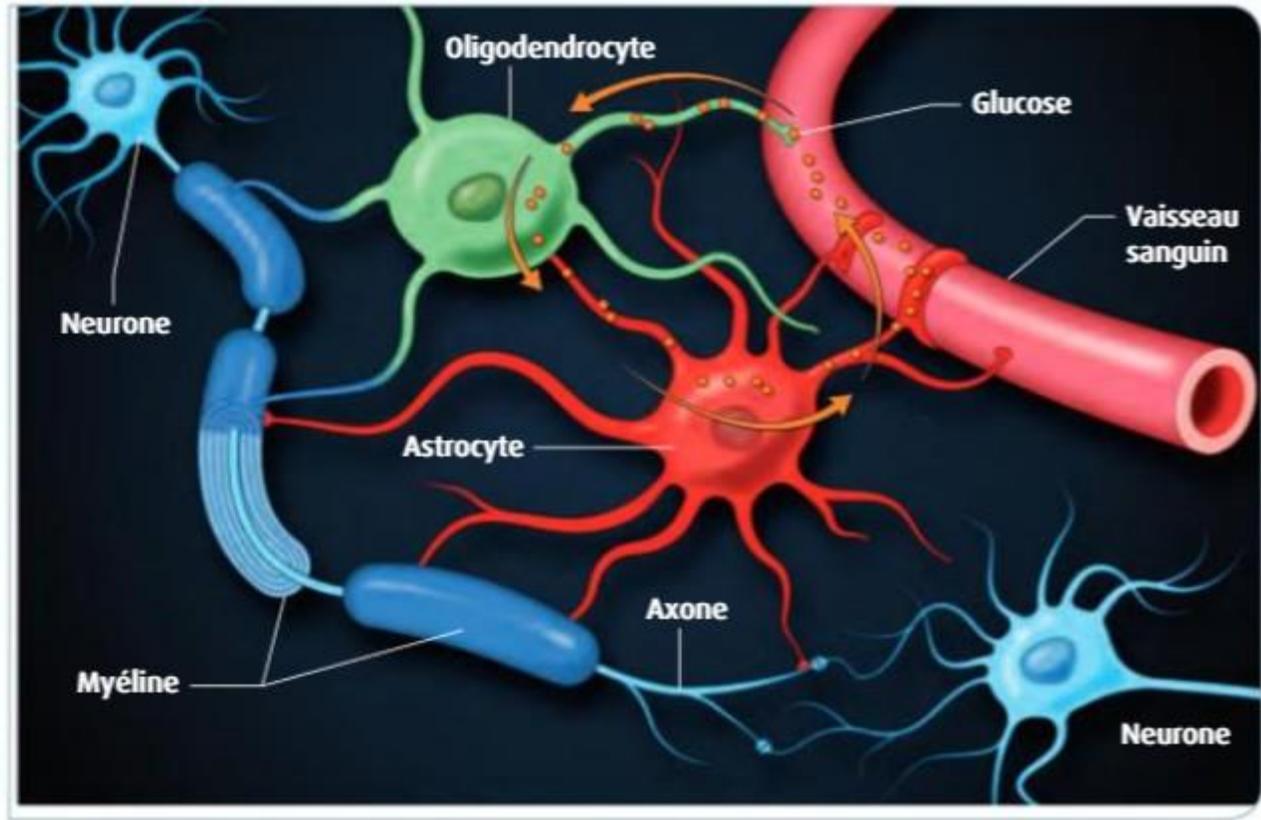
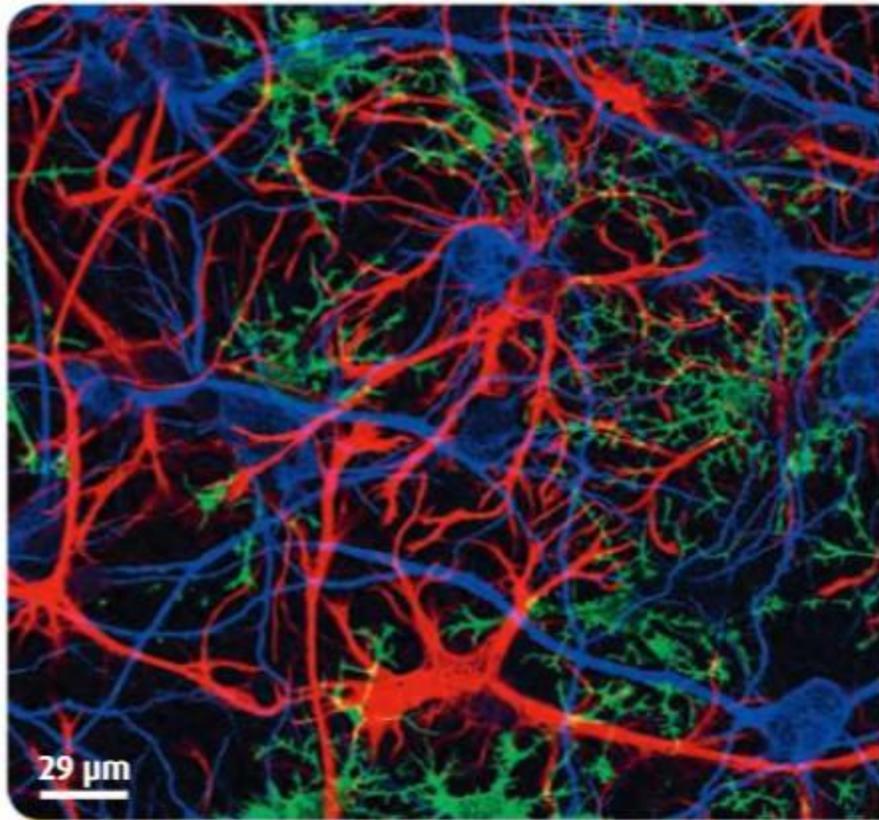
Types de cellules			
Caractéristiques (schéma)			
Rôle			



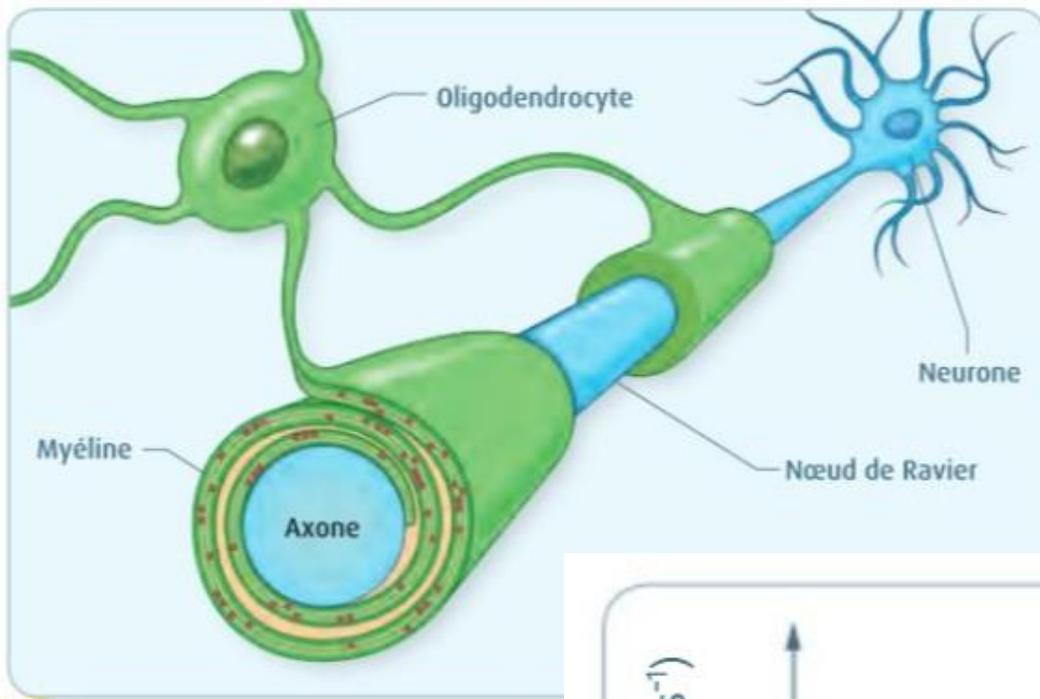
2 IRM de la base du cerveau et de la moelle épinière chez un patient atteint de sclérose en plaque.



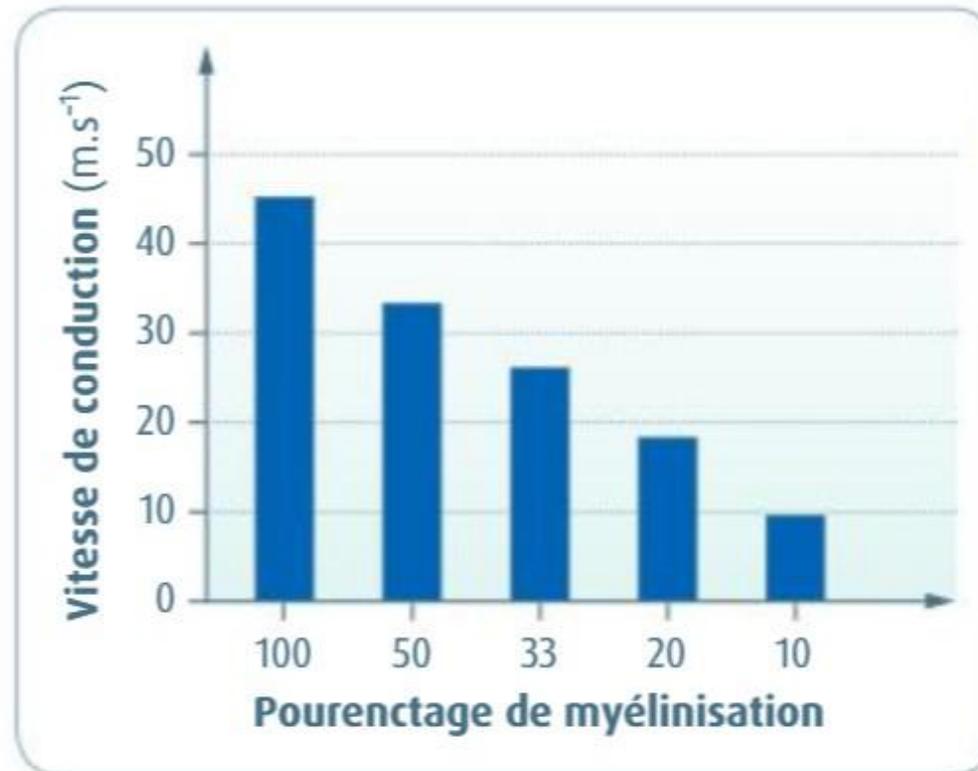
3 **Neurones observés au microscope optique à fluorescence et schémas d'interprétation.** L'axone des neurones du cerveau et de la moelle est entouré d'une gaine de myéline. Chez les malades atteints de sclérose en plaque, cette gaine est progressivement détruite : on parle de démyélinisation.



4 Coupe dans un cerveau de rat observé au microscope optique à fluorescence et schéma interprétatif. On observe trois types de cellules : les neurones (en bleu), les astrocytes (en rouge) et les oligodendrocytes (en vert). Astrocytes et oligodendrocytes sont des cellules dites gliales. Dans le cerveau, ces dernières sont quatre fois plus nombreuses que les neurones.



5 **Vue en coupe d'un axone de neurone.** Les prolongements cytoplasmiques des oligodendrocytes sont riches en myéline, une molécule principalement constituée de lipide. Ces prolongements s'enroulent autour des axones et forment une gaine de myéline.



6 **Vitesse de conduction de l'information nerveuse dans des axones normaux et des axones démyélinisés.** La valeur 100 % correspond à un axone normalement myélinisé.



Interview de Catherine Lubetzki, directrice de recherche à l'Institut du cerveau et de la moelle épinière (ICM) et lauréate du prix Charcot 2019.

La sclérose en plaques est une maladie auto-immune au cours de laquelle une réaction inflammatoire, associant immunité innée et immunité adaptative, entraîne, dans le système nerveux central, une destruction de la gaine de myéline et une souffrance des axones. Dans la plupart des cas, la maladie évolue au début par une alternance de « poussées » inflammatoires et de phases de rémission. Elle peut aussi évoluer, d'emblée ou secondairement, sous une forme progressive, qui se caractérise par l'absence ou la disparition des poussées, et l'aggravation progressive d'un handicap neurologique irréversible. Les mécanismes

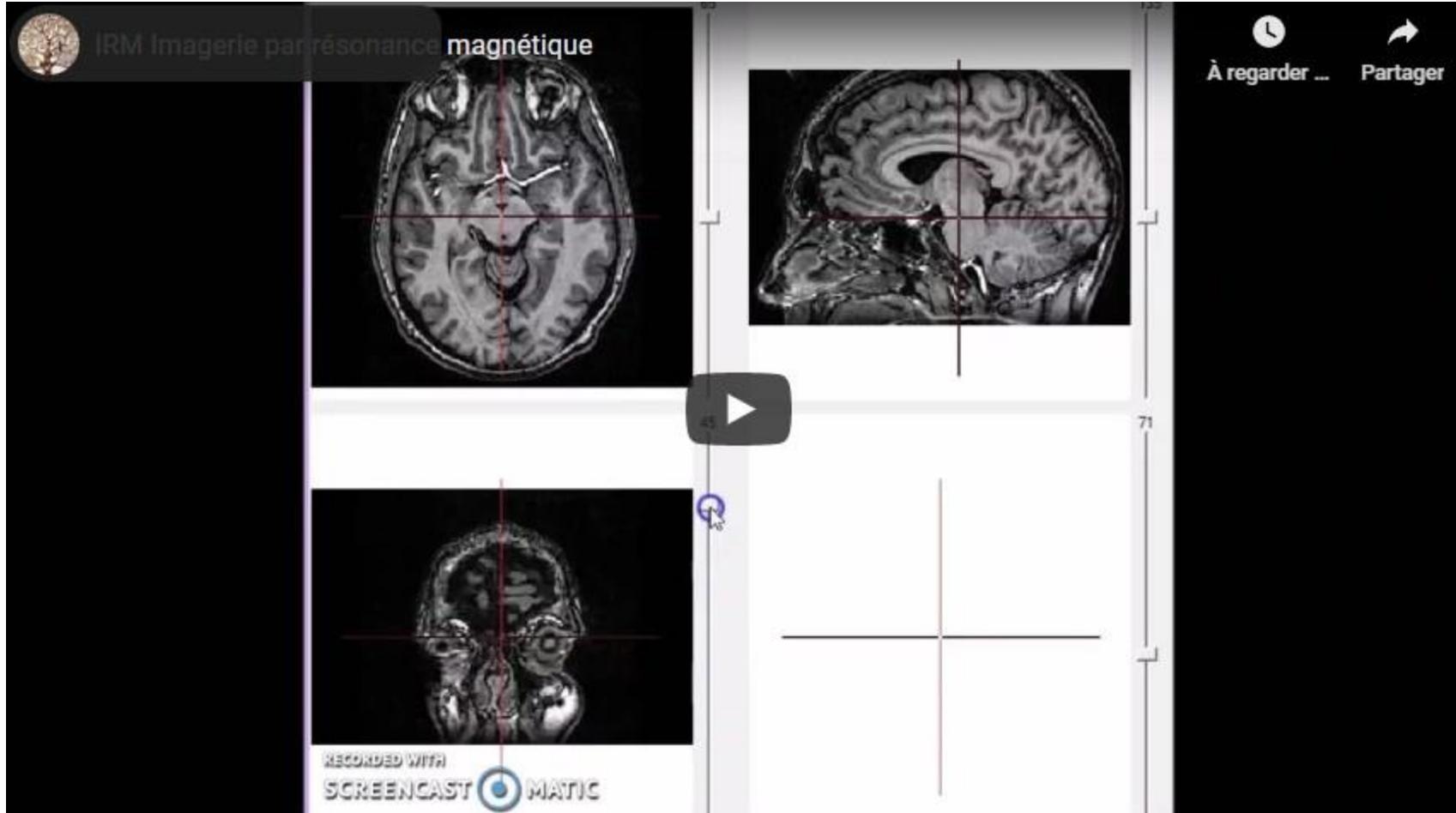
impliqués dans l'apparition de cette phase progressive sont incomplètement connus, mais l'insuffisance de réparation de la gaine de myéline (remyélinisation) joue un rôle important. On sait maintenant que les lésions de la maladie (les plaques) touchent non seulement la substance blanche du cerveau et de la moelle épinière (là où prédominent les fibres myélinisées) mais aussi la substance grise et notamment le cortex. Les travaux de recherche développés au sein de l'équipe que je codirige avec Bruno Stankoff à l'ICM sont centrés sur la compréhension de la remyélinisation dans le système nerveux central.



I La commande volontaire du mouvement

B Le cortex moteur et la voie motrice

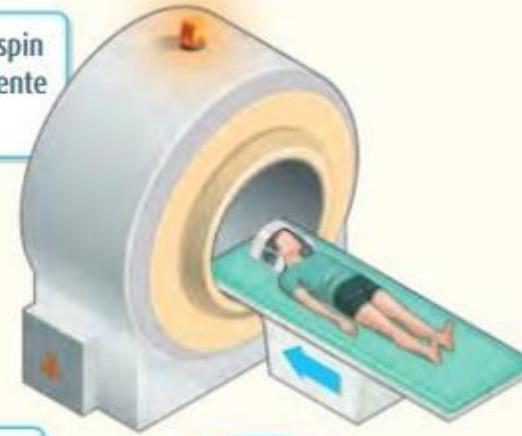
L'IRM
Vidéo n°3





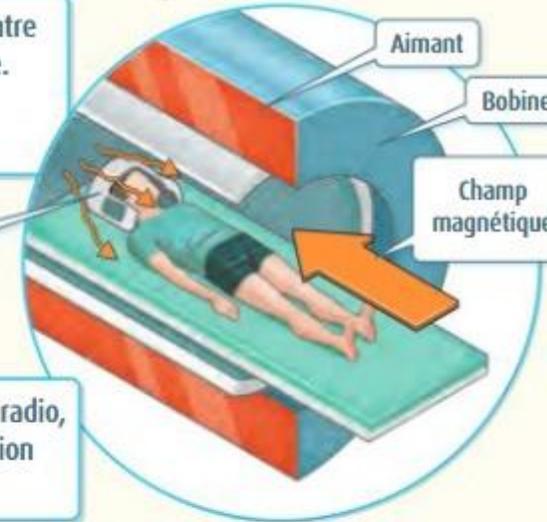
L'imagerie par résonance magnétique (IRM) repose sur les propriétés magnétiques des molécules d'eau, plus précisément des atomes d'hydrogène. Ils possèdent un «moment magnétique», ou spin, qui agit comme un aimant. L'appareil crée un champ magnétique puissant qui oriente ces molécules. Une antenne placée sur la partie du corps étudiée émet et réceptionne certaines fréquences. Le signal obtenu diffère selon que les tissus observés contiennent plus ou moins d'eau. L'IRM fonctionnelle permet de visualiser les zones du cerveau activées par un stimulus présenté au sujet. Les zones activées dans le cerveau vont recevoir un apport d'oxygène plus important, ce qui modifie le signal. Cette différence de signal entre les états de repos et de stimulation est analysée par informatique.

1 Sans champ magnétique, le spin des atome d'hydrogène s'orientent de manière aléatoire.



2 Le patient est placé au centre d'un champ magnétique. Les spins s'orientent suivant le B₀.

Antenne émettrice réceptrice



3 L'antenne émet des ondes radio, ce qui modifie l'orientation des spins.

4 La source d'onde radio est éteinte. La modification d'orientation des spins qui en résulte est à l'origine d'un signal capté par l'antenne.

QCM IRM (voir vidéo correspondante https://www.youtube.com/watch?v=ZPyttkTirmU&feature=emb_logo)

1°) L'IRM ou Imagerie par Résonance Magnétique est un examen qui

- a) est invasif et irradie le patient
- b) n'est pas invasif et irradie le patient
- c) n'est pas invasif et n'irradie pas le patient

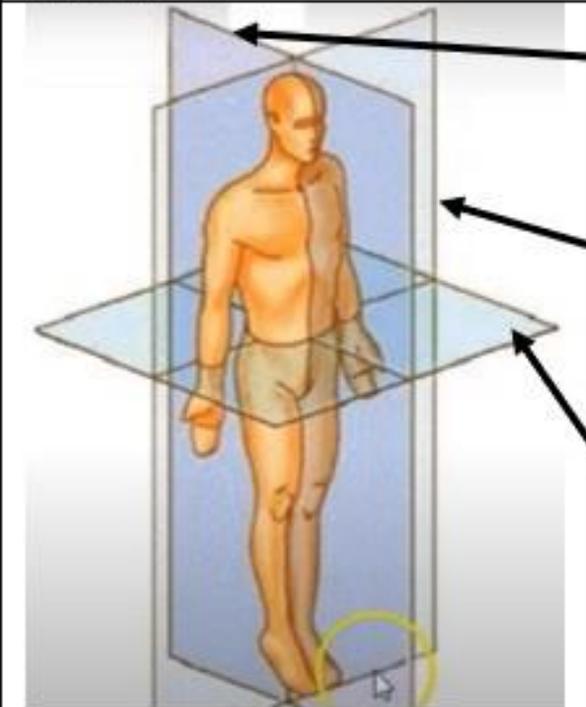
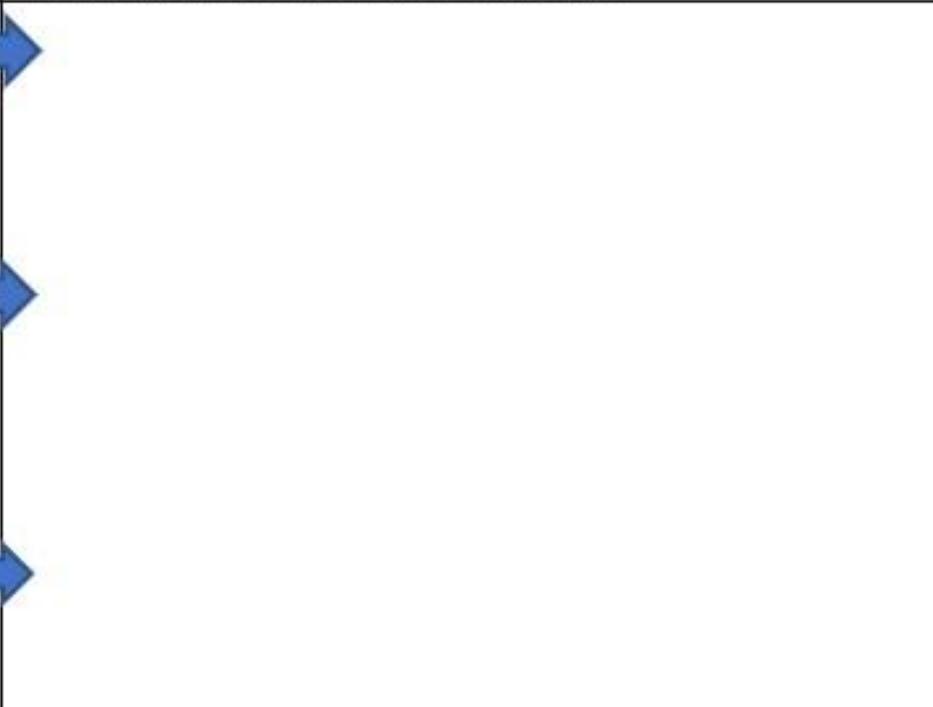
2°) L'IRM permet l'exploration du corps en

- a) deux dimensions comme pour une radiographie
- b) trois dimensions

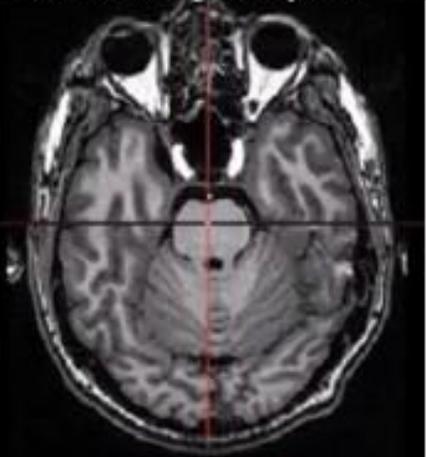
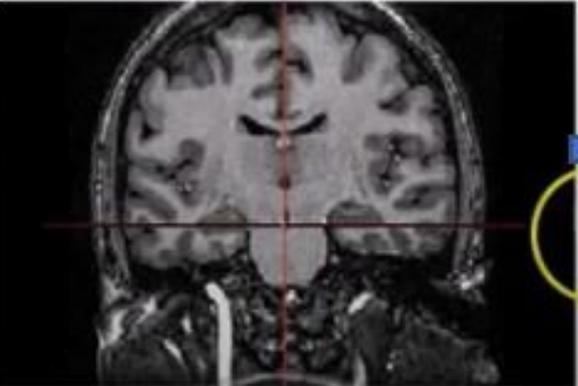
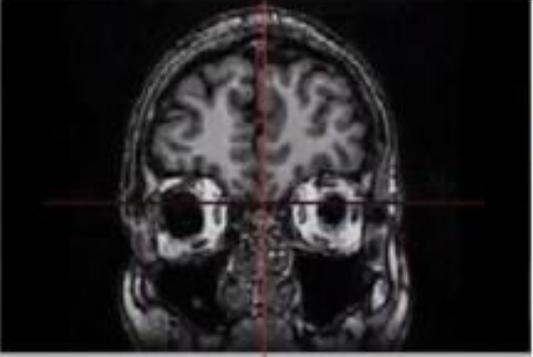
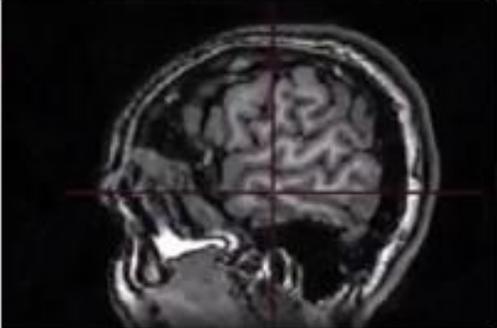
3°) Les images obtenues permettent de faire :

- a) des coupes frontales et sagittales uniquement
- b) des coupes frontales, coronales et axiales
- c) des coupes frontales, sagittales et axiales.

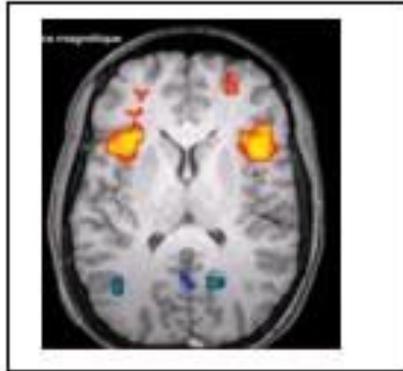
4°) Sur l'image ci-dessous, complétez le tableau ci-dessous :

Coupes	Types de coupes	Sens d'exploration dans le sens :
		

5°) Sur les images obtenues par IRM, indiquez le type de coupe observée :

Observation par IRM	Type de coupe	Observation par IRM	Type de coupe
			
	 		
			

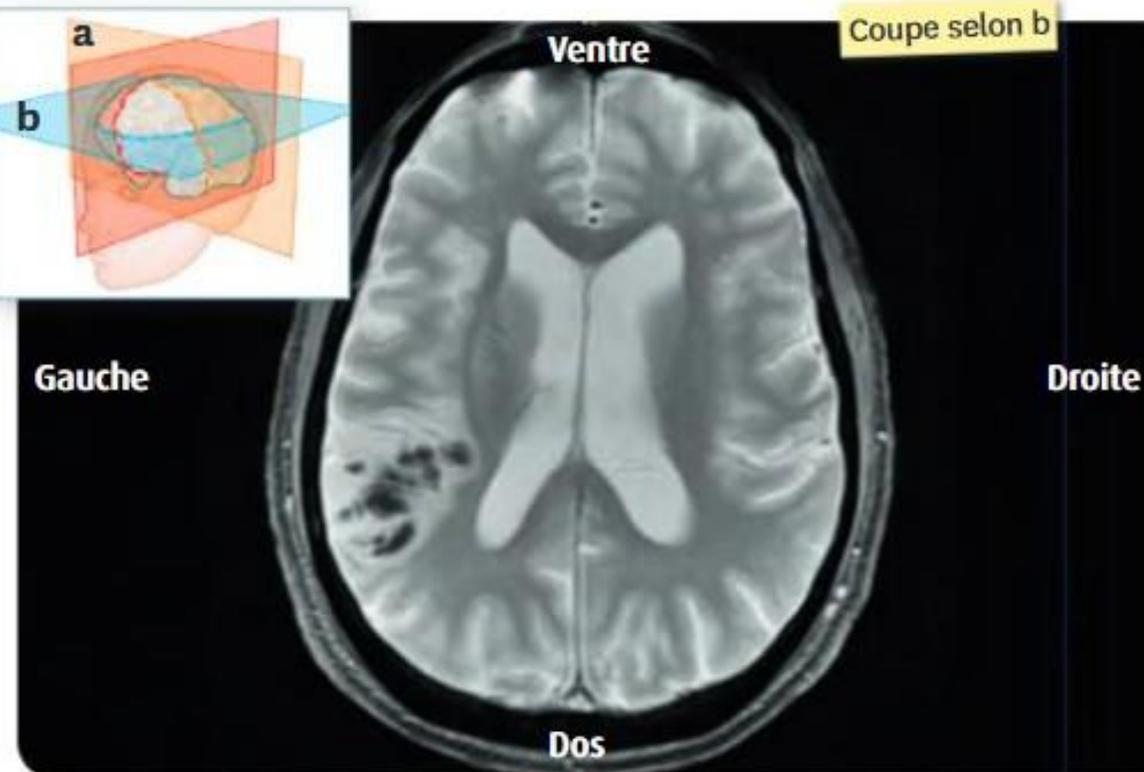
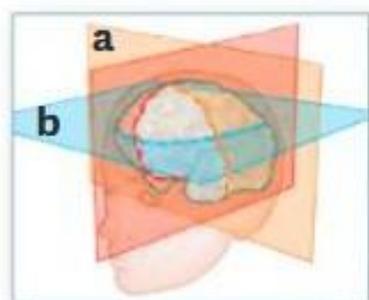
6°) L'image ci-dessous est obtenue par :



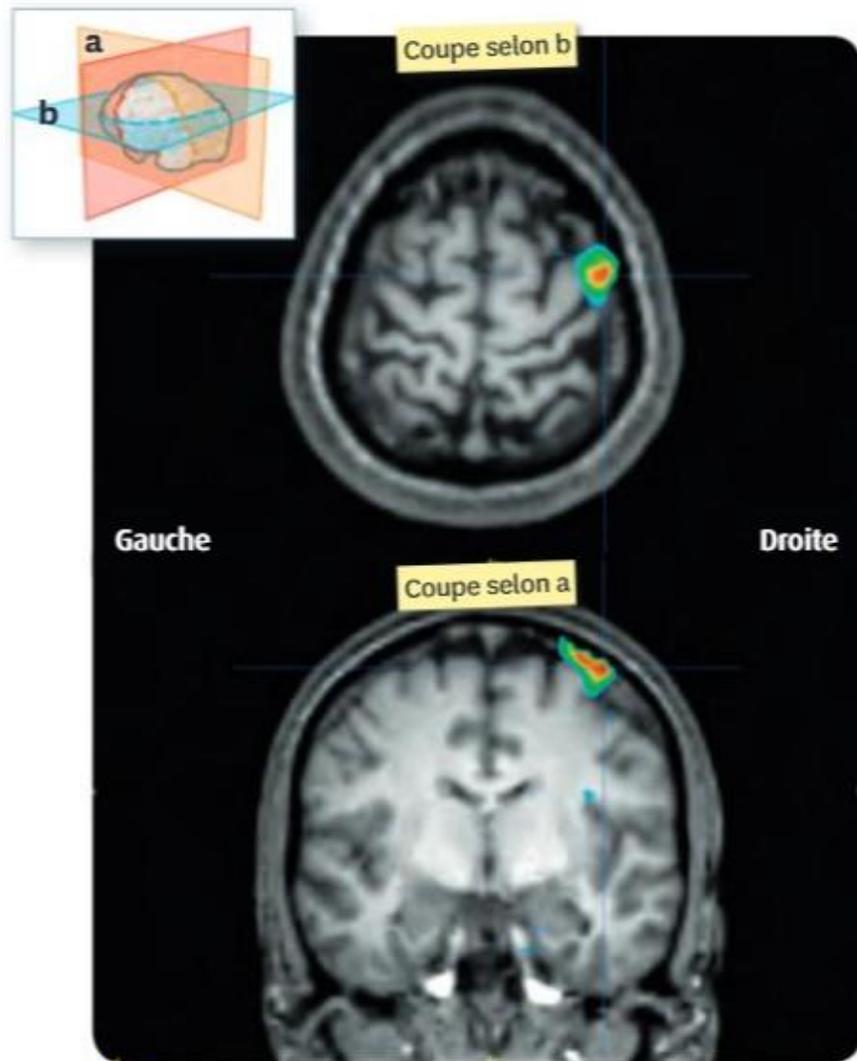
- a) IRM d ou IRM dimensionnelle
- b) IRM f ou IRM fonctionnelle
- c) IRM fc ou IRM fausse couleur

7°) Il s'agit d'une coupe :

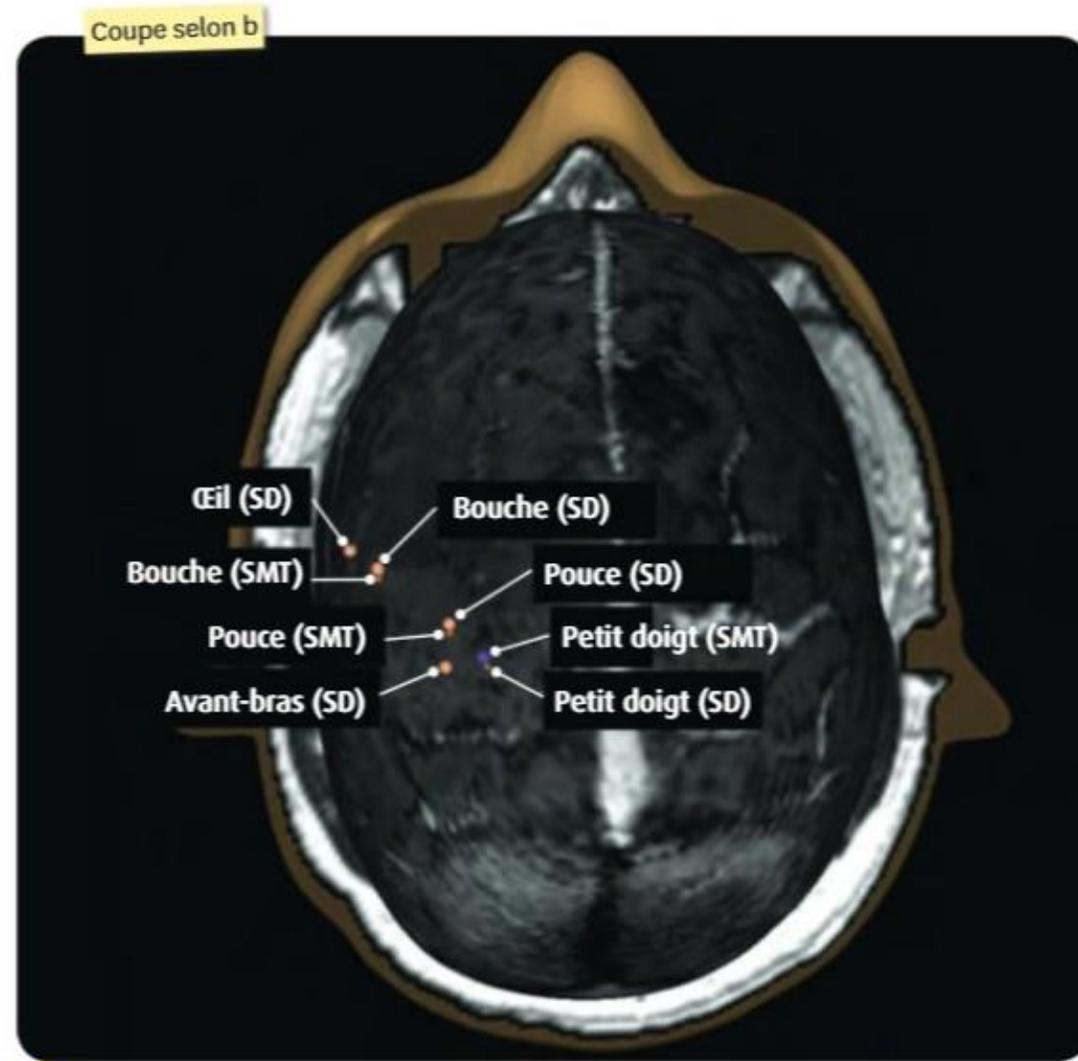
- a) axiale (ou transverse)
- b) sagittale
- c) frontale (ou coronale)



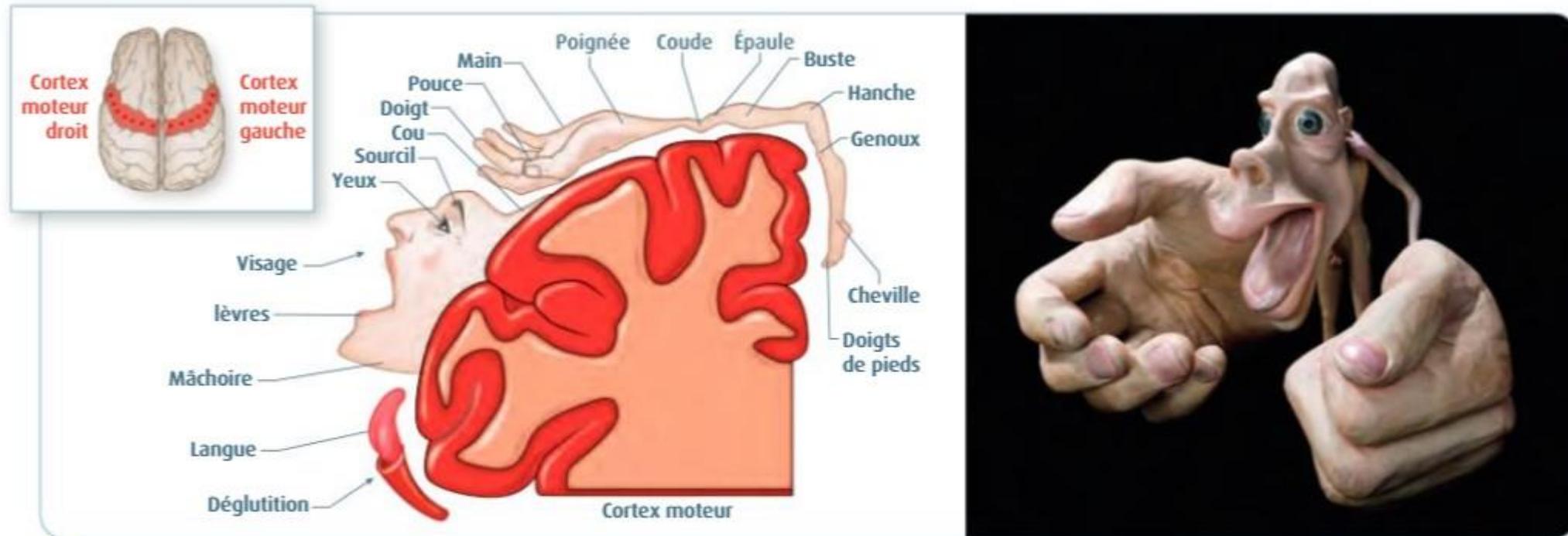
2 Étude par IRM du cerveau d'un patient présentant une hémiplégie droite. Le patient présente une hémiplégie droite (paralysie du côté droit du corps : face, membre supérieur, membre inférieur). À gauche : IRM de l'encéphale. À droite : visualisation du trajet des vaisseaux irriguant l'encéphale, vue de face. La flèche indique une occlusion de l'artère sylvienne gauche, une des principales artères irriguant le cerveau.



3 Localisation des aires cérébrales impliquées dans le mouvement volontaire de la main gauche. L'activité cérébrale d'un patient est étudiée par IRMf. Ce dernier reçoit l'instruction visuelle ou auditive «cliquez trois fois sur le bouton gauche». Le cortex cérébral est la zone la plus externe des deux hémisphères du cerveau (voir doc. 5).

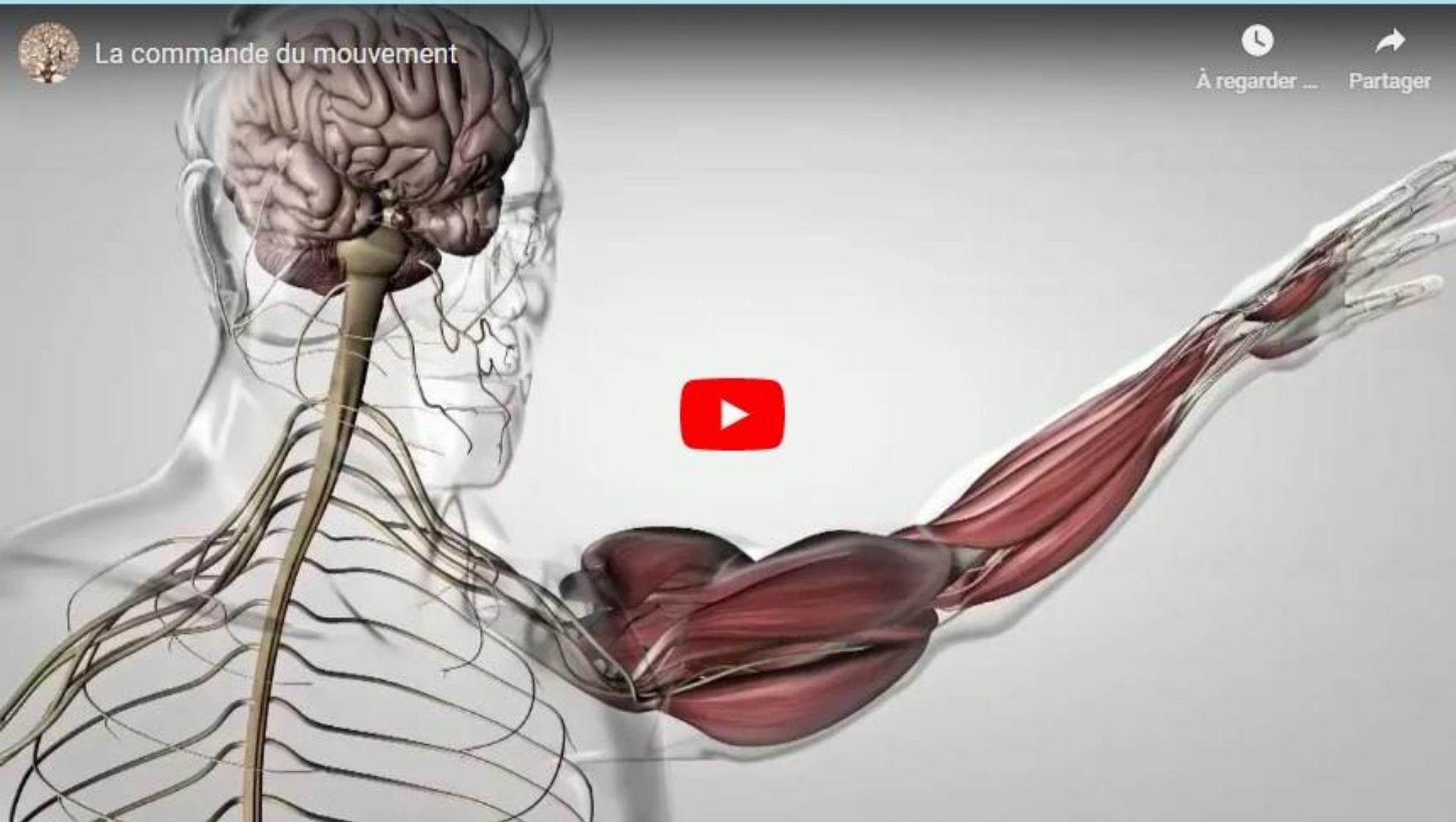


4 Localisation d'aires impliquées dans la mobilité volontaire de divers organes. Cette image montre les aires cérébrales impliquées dans les mouvements des yeux, de la bouche, de l'avant-bras, du pouce et du petit doigt. Ces zones ont été identifiées soit par stimulation magnétique transcrânienne (SMT, application d'une impulsion électromagnétique qui stimule les neurones dans la zone sous-jacente du cortex cérébral), soit par stimulation directe (SD) du cortex à l'occasion d'opérations chirurgicales.



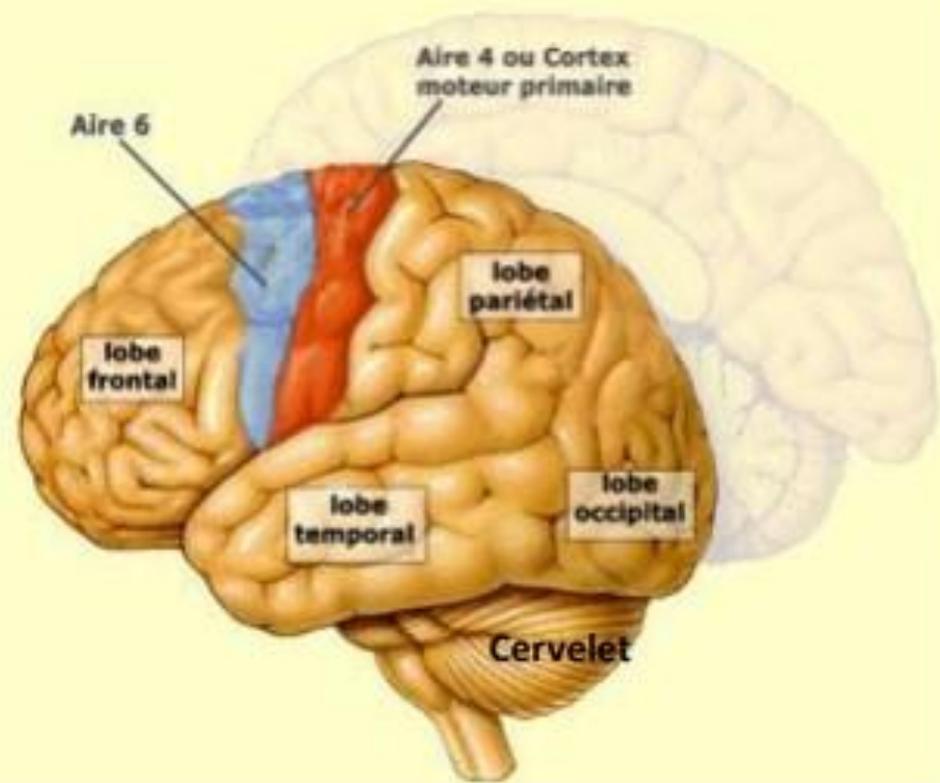
5 La carte motrice cérébrale et l'homunculus. De nombreuses expériences ont permis de localiser les zones du cortex dont l'activation induit la contraction d'un muscle donné. Dans chaque hémisphère, ces zones sont adjacentes et forment l'aire motrice. L'aire motrice de l'hémisphère gauche contrôle les mouvements de la partie droite du corps et réciproquement. L'homunculus moteur est un humain dont les différentes parties du corps ont une surface proportionnelle à la surface des zones de l'aire motrice qui contrôlent leurs mouvements.

Vidéo n°4 La commande motrice



[Fiche à compléter \(téléchargeable\).](#)

A l'aide de la vidéo, indiquer le rôle des différentes zones (retenir celui du cortex moteur)



Cortex moteur :

Lobe frontal :

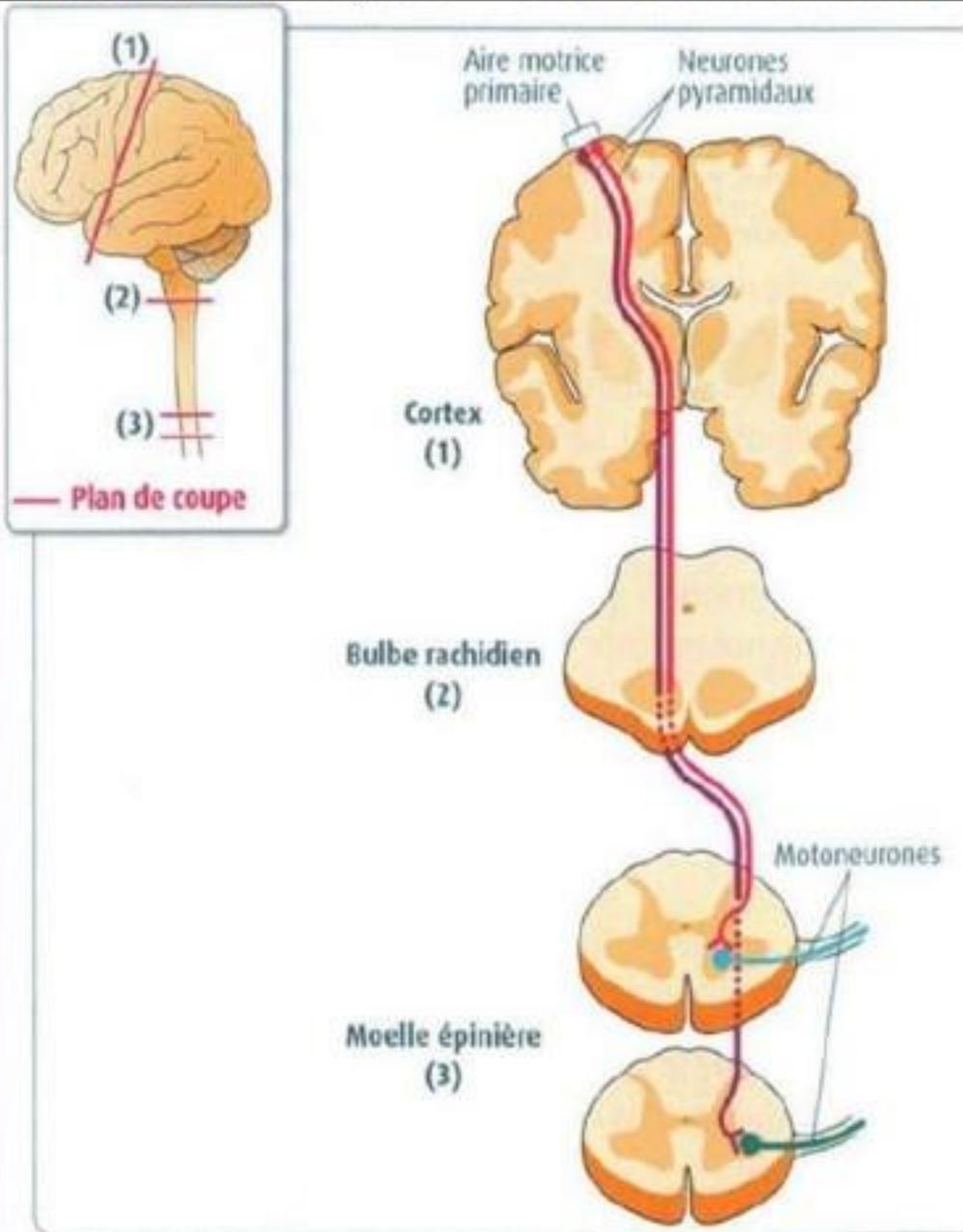
Lobe temporal :

Lobe pariétal :

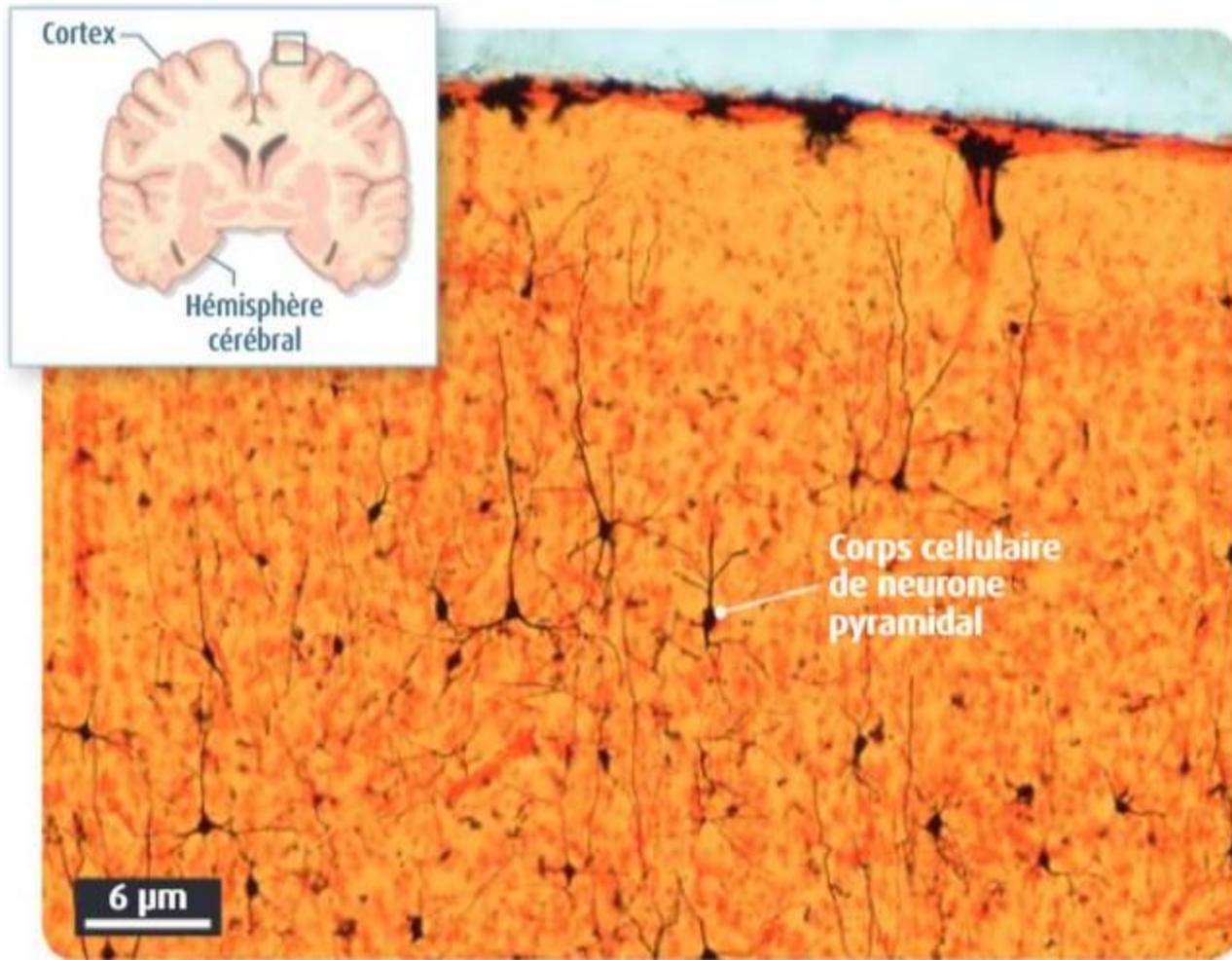
Cervelet :

Du cortex moteur primaire au motoneurone :

Retranscrire ci-dessous, les commentaires de la vidéo entre 1min27 et 2min10



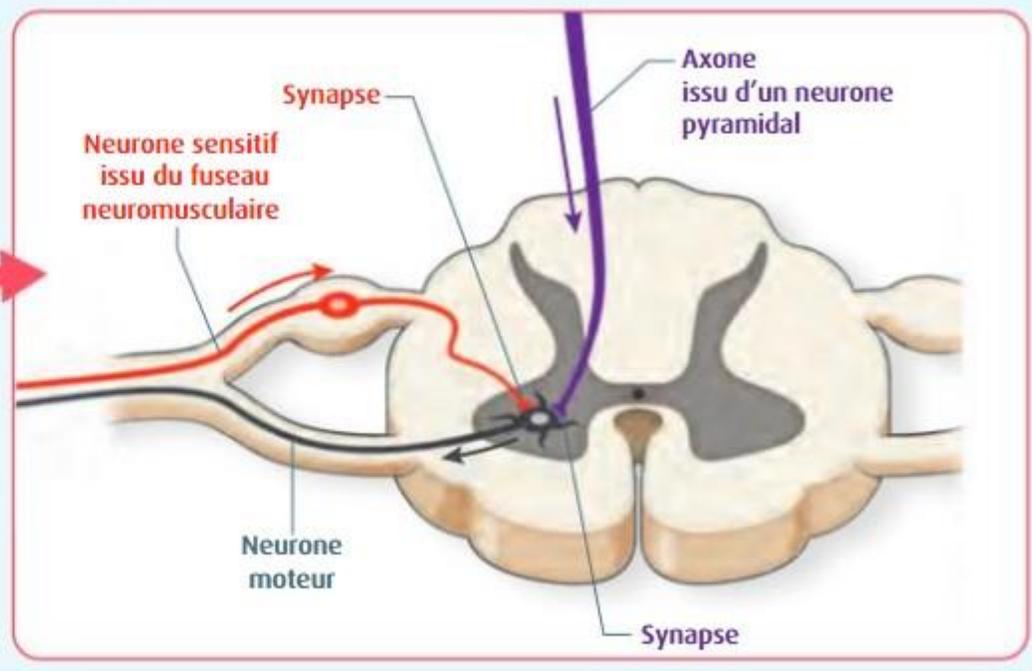
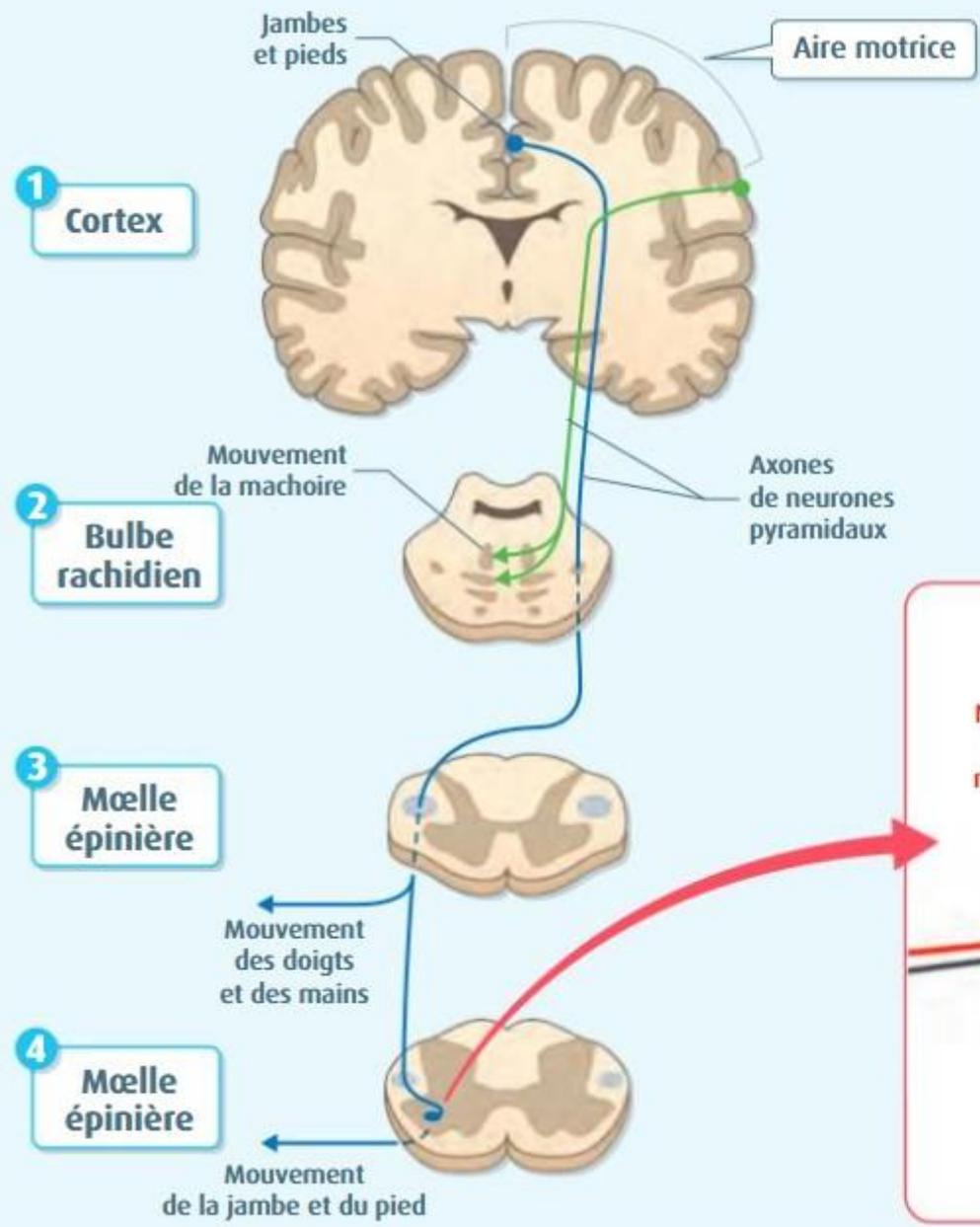
Retranscription :



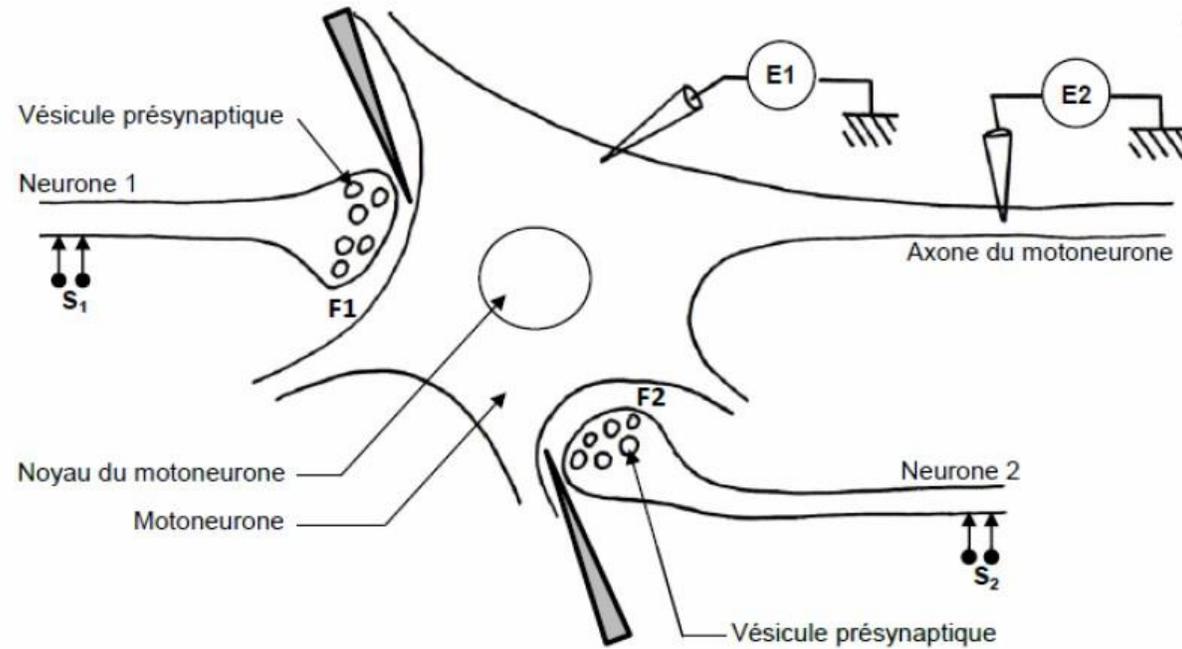
1 Observation du cortex cérébral au microscope optique. On trouve dans le cortex cérébral des neurones en forme de pyramide : les cellules pyramidales. Ces neurones possèdent un réseau dendritique très développé qui leur permet de recevoir de nombreuses informations d'autres cellules nerveuses via des synapses. En fonction des différents messages nerveux reçus, les neurones pyramidaux émettent ou non un unique message nerveux qui se propage le long de leur axone : on dit que les neurones pyramidaux ont intégré les messages nerveux qui leur sont parvenus.

2 Le trajet de l'axone de différents neurones pyramidaux.

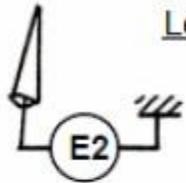
Les neurones pyramidaux de l'aire motrice envoient leurs axones à la moelle épinière. À différents niveaux de leur trajet, ces axones sont en contact avec des neurones moteurs au niveau de synapses. Le corps cellulaire des neurones moteurs est également en contact au niveau d'une autre synapse avec l'axone des neurones sensitifs issus des fuseaux neuromusculaires. En fonction des différents messages nerveux qui lui parviennent par l'intermédiaire de ces deux synapses, le neurone moteur émet ou non un unique message nerveux qui se propage le long de son axone. On dit que le neurone moteur a intégré les messages nerveux qui lui sont parvenus.



Document de référence : montage expérimental et localisation des expériences menées sur un motoneurone de moelle épinière de mammifère

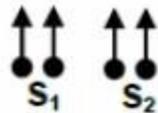


Légende :



Oscilloscope relié à une microélectrode interne réceptrice :

- E1 : enregistrement de la polarisation au niveau du corps cellulaire du motoneurone
- E2 : enregistrement de la polarisation au niveau de l'axone du motoneurone



Electrodes de stimulation S_1 et S_2 des neurones 1 et 2 respectivement



Micropipette pour l'injection de substances

F1 F2

Fentes synaptiques :

- F1 entre neurone 1 et motoneurone
- F2 entre neurone 2 et motoneurone

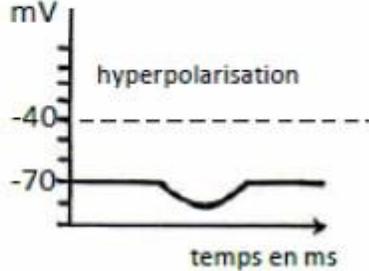
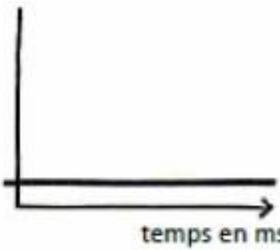
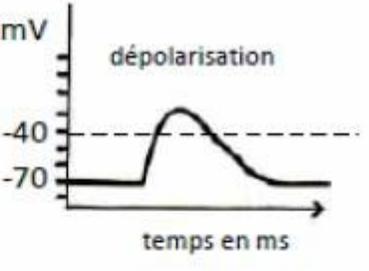
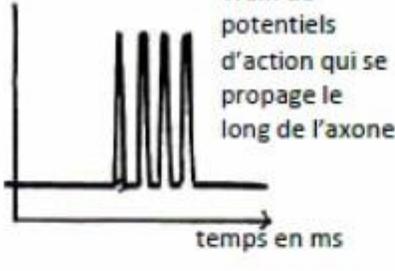
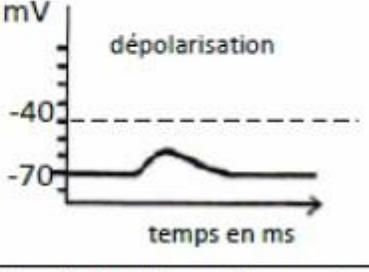
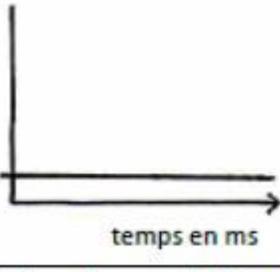
Document 1 : résultats expérimentaux d'une stimulation au niveau de S1, de S2 et d'une stimulation simultanée de S1 et S2 chez les mammifères

Les motoneurones qui commandent des cellules musculaires des muscles squelettiques sont soumis à des informations diverses qu'ils intègrent sous la forme d'un message nerveux unique. Chaque information reçue par le motoneurone perturbe son potentiel de repos, si cette perturbation atteint un certain seuil, des potentiels d'action se déclenchent.

En période de crise d'anxiété, les informations que les motoneurones intègrent sont modifiées.

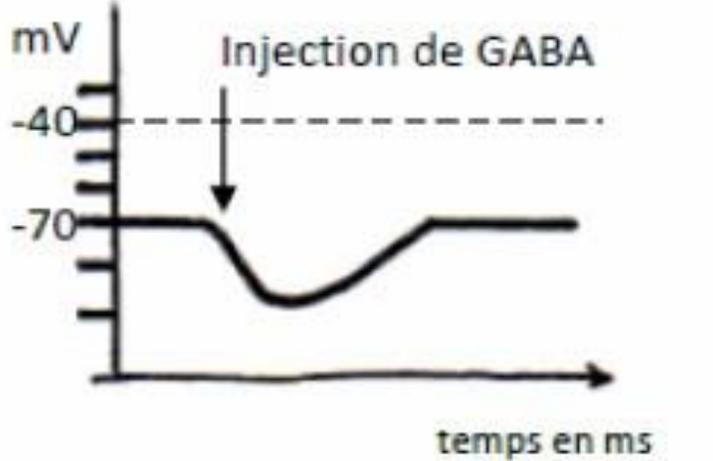
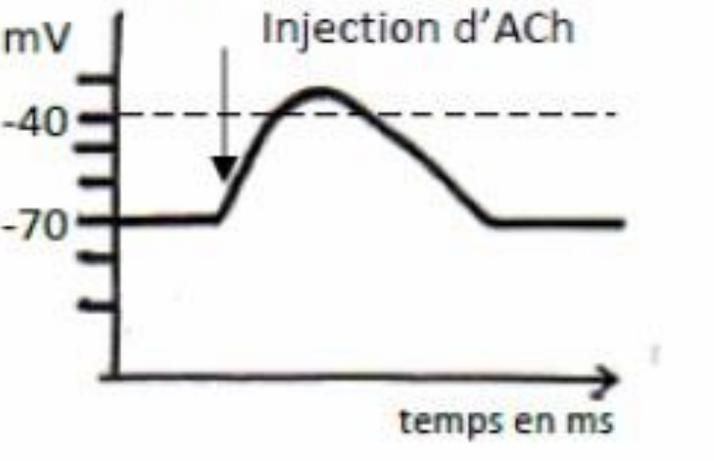
Opérations effectuées	Enregistrements en E1	Enregistrements en E2	Contraction de la fibre musculaire (+ : présence ; - : absence)
Stimulation en S1			-
Stimulation en S2			+
Stimulation en S1 et S2 simultanément			-

----- Seuil de dépolarisation nécessaire au déclenchement d'un potentiel d'action dans le motoneurone

Opérations effectuées	Enregistrements en E1	Enregistrements en E2	Contraction de la fibre musculaire (+ : présence ; - : absence)
Stimulation en S1			-
Stimulation en S2			+
Stimulation en S1 et S2 simultanément			-

----- Seuil de dépolarisation nécessaire au déclenchement d'un potentiel d'action dans le motoneurone

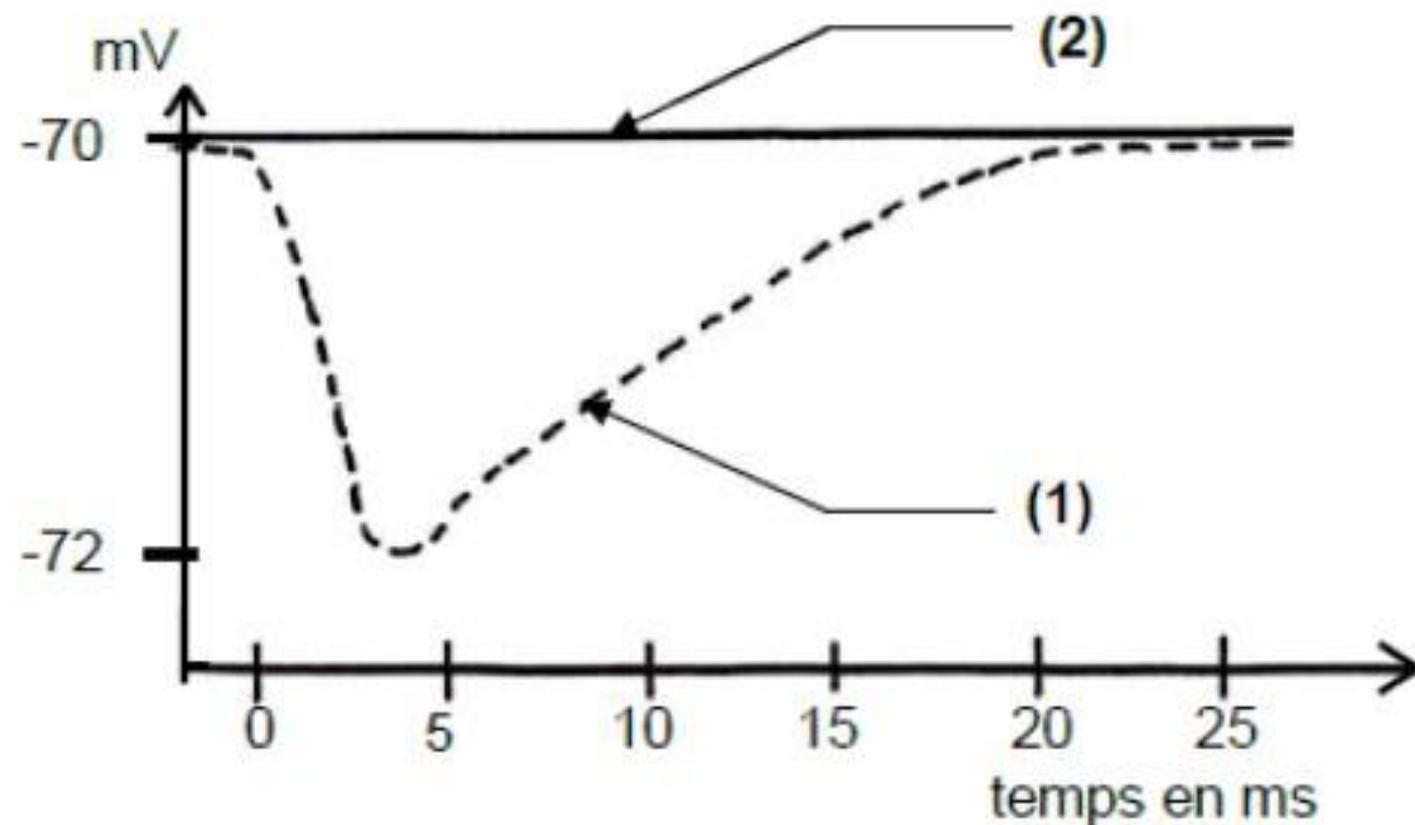
Document 2 : effet sur le motoneurone de mammifère d'une injection de GABA ou d'acétylcholine en l'absence de toute stimulation électrique

Opérations effectuées	Injection de GABA au niveau de F1	Injection d'acétylcholine (ACh) au niveau de F2
Enregistrements en E1		

----- Seuil de dépolarisation nécessaire au déclenchement d'un potentiel d'action dans le motoneurone

Document 3 : reproduction expérimentale des signes de l'anxiété chez les mammifères

On peut reproduire expérimentalement la situation des synapses associée à l'anxiété. Pour cela on injecte de la picrotoxine dans la fente synaptique F1. La picrotoxine est capable de se fixer sur les récepteurs membranaires au neurotransmetteur GABA situés sur le motoneurone.



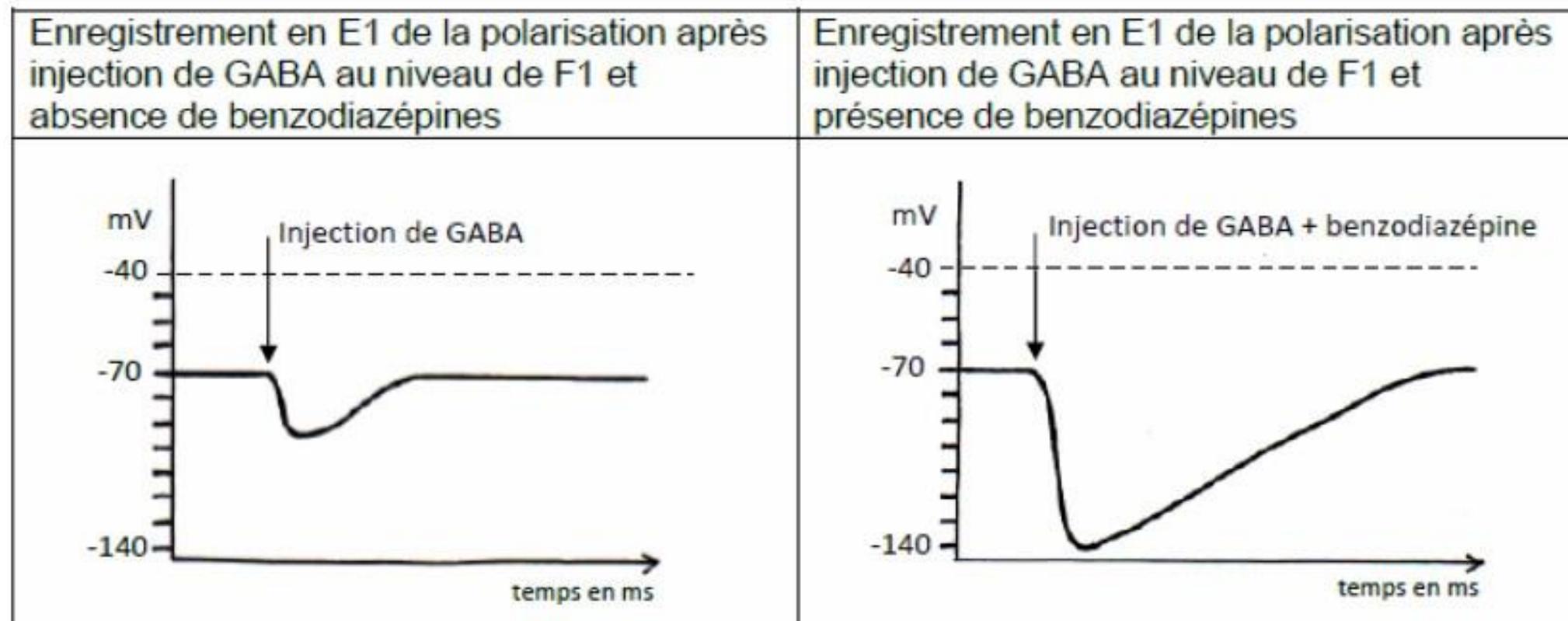
(1) Enregistrement en E1 de la polarisation suite à une stimulation en S1, sans injection de picrotoxine au niveau de F1

(2) Enregistrement en E1 de la polarisation suite à une stimulation en S1, avec injection de picrotoxine au niveau de F1

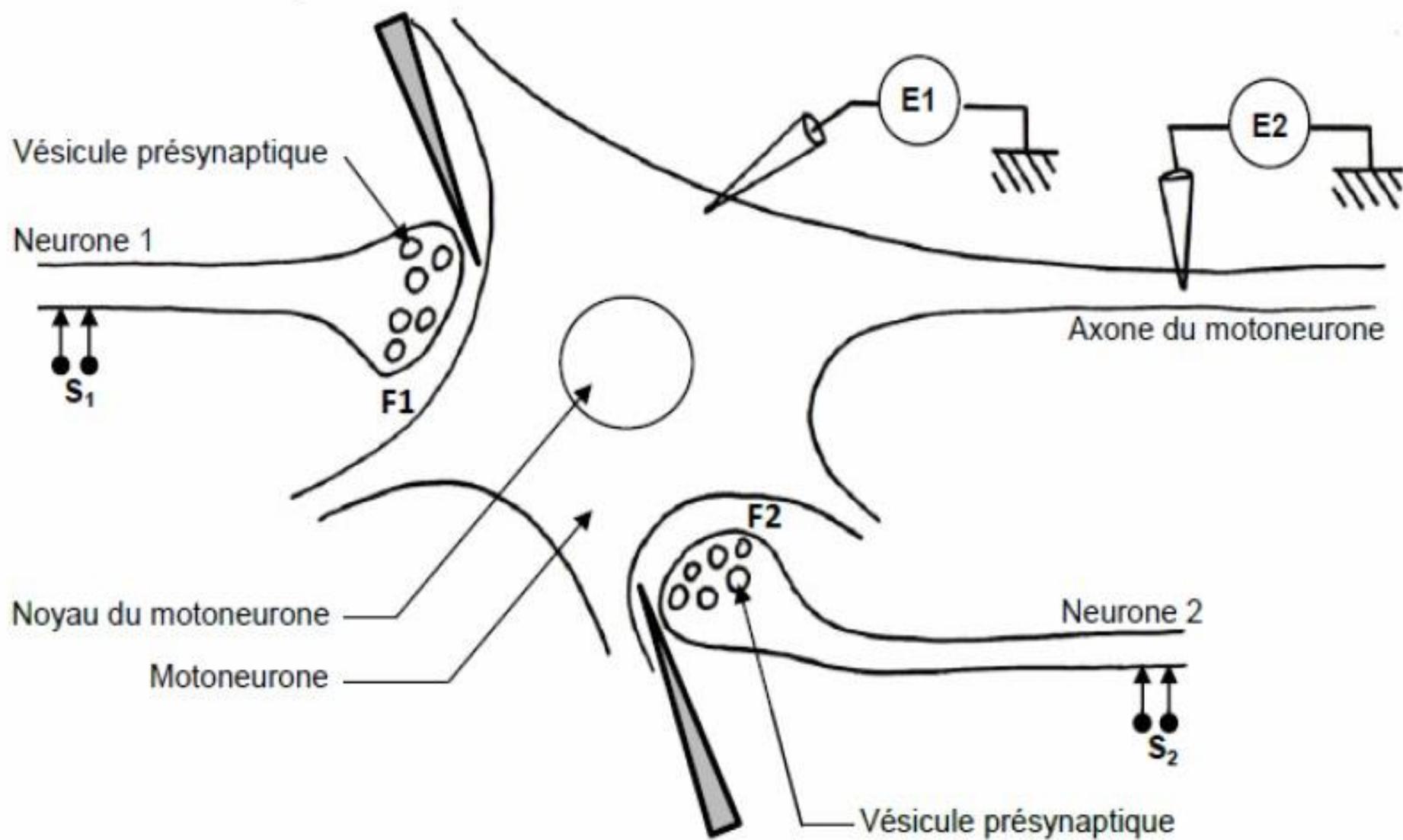
Document 4 : action des benzodiazépines chez les mammifères

De nombreuses substances utilisées en médecine comme médicaments se lient spécifiquement aux récepteurs membranaires.

Les benzodiazépines (comme le Valium® et le Librium®) sont des tranquillisants (utilisés contre l'anxiété) qui se fixent de manière spécifique aux récepteurs membranaires du GABA.



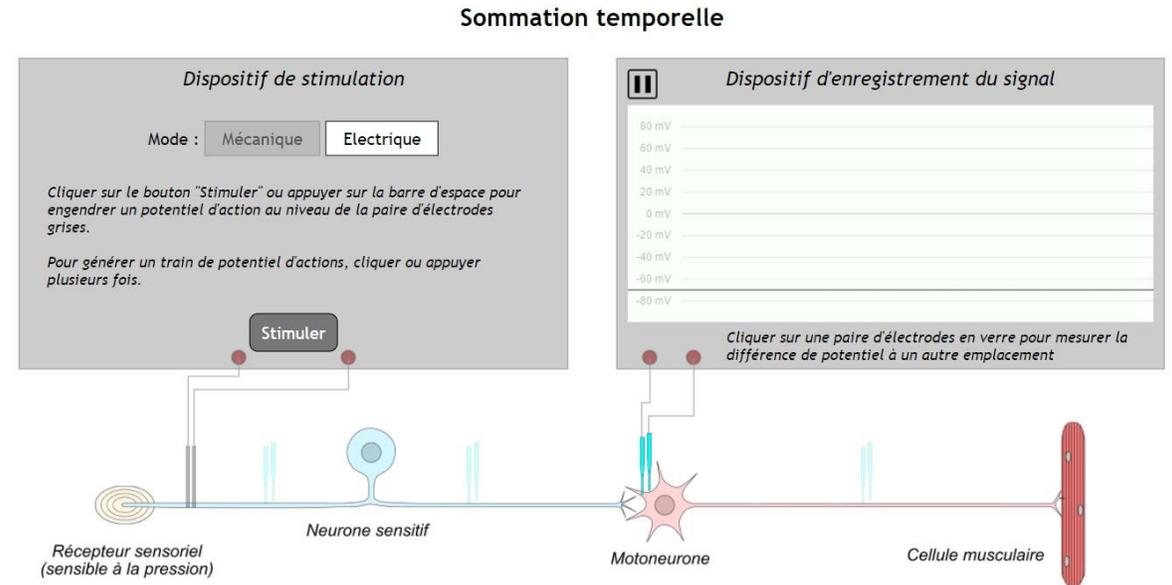
-----Seuil de dépolarisation nécessaire au déclenchement d'un potentiel d'action dans le motoneurone



II L'intégration des messages nerveux par le neurone moteur

B Sommation temporelle et sommation spatiale

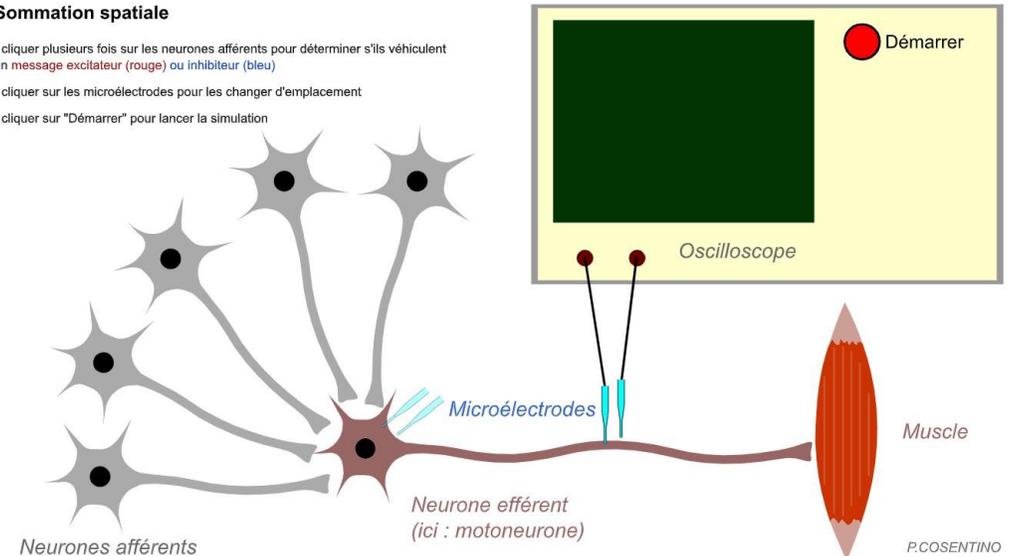
<https://www.pedagogie.ac-nice.fr/svt/productions/somtemp/>

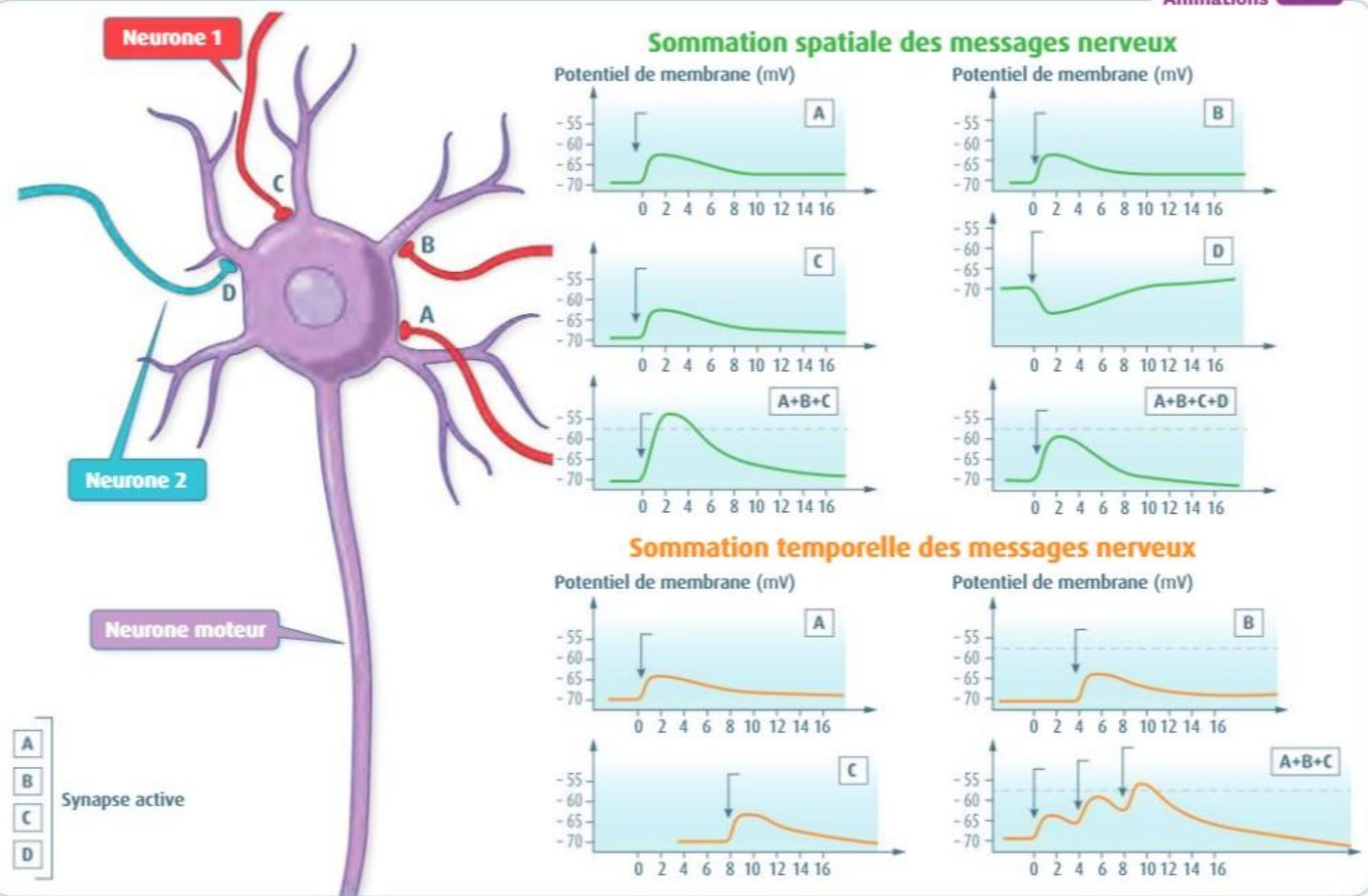


<https://www.pedagogie.ac-nice.fr/svt/productions/flash/somspat/>

Sommation spatiale

- cliquer plusieurs fois sur les neurones afférents pour déterminer s'ils véhiculent un message excitateur (rouge) ou inhibiteur (bleu)
- cliquer sur les microélectrodes pour les changer d'emplacement
- cliquer sur "Démarrer" pour lancer la simulation





4 Intégration de plusieurs messages nerveux par un motoneurone.