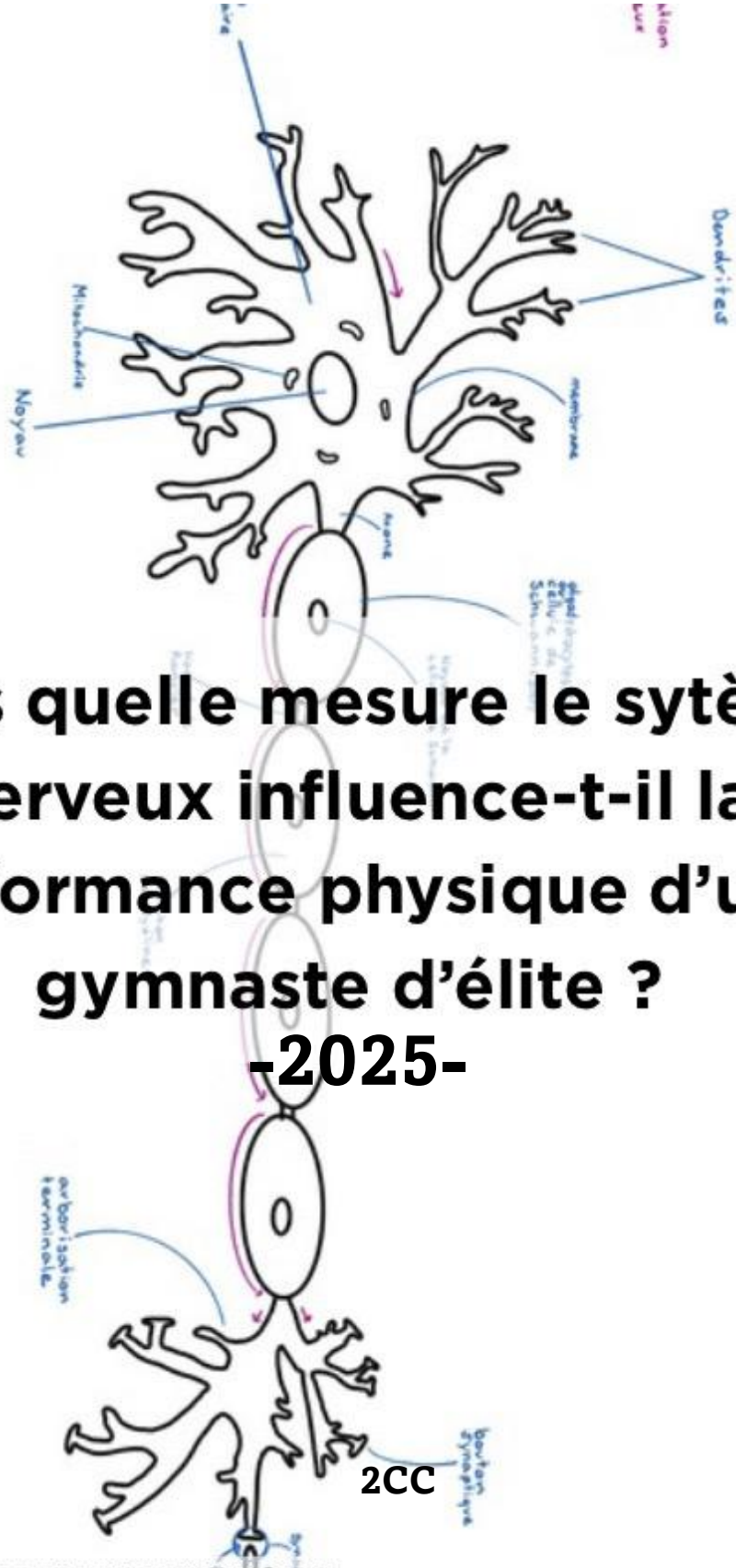


Dans quelle mesure le sytème nerveux influence-t-il la performance physique d'une gymnaste d'élite ?

-2025-

2CC

DIRIGÉ PAR VERMEULEN SOPHIE
DIRECTRICE DE MÉMOIRE : THOMA SOPHIE

Table de matière

1. Introduction 3
2. Système nerveux 4
2.1 Neurones 5
2.2.1 Types de neurones 10
2.2.2 Réparation et régénération nerveuse 11
2.2 Cellules gliales 12
3. Réflex 13
3.1 La moelle épinière 14
3.1.1 Tractus nerveux dans la moelle épinière 14
3.1.2 Les réflexes médullaires 15
3.1.3 Le réflexe myotatique 15
3.1.4 Les réflexes et leur organisation dans le système nerveux 17
3.1.5 Mécanismes d'amélioration des réflexes par l'entraînement 20
4. L'effet neuromoteur en rapport avec la gymnastique 24
4.1 Barres asymétriques 25
4.2 Poutre 25
4.3 Sol 26
4.4 Saut 27
5. Partie pratique 28
6. Conclusions 33
6.1 Sources 34
7. Index 35
7.1 Annexes 36

1. Introduction

Le sport a été l'une de mes plus grandes passions depuis mon enfance. En étudiant les sciences, j'ai choisi de combiner cette passion avec mes intérêts académiques. Après six années de pratique en gymnastique et quatre années en tant que coach, j'ai pu apprécier la complexité fascinante du corps humain.

Mon objectif à travers ce travail est de comprendre en profondeur le fonctionnement du système nerveux, en particulier la transmission des informations du cerveau vers le corps, et d'acquérir une expertise pratique dans ce domaine. Le système nerveux est un réseau complexe qui coordonne les actions du corps et traite les informations sensorielles et motrices. Je souhaite expliquer le rôle de chaque nerf et d'étudier les conséquences des blessures sur leur fonctionnement. Cela revêt une importance particulière, car une meilleure compréhension du système nerveux peut non seulement améliorer la performance des athlètes, mais aussi jouer un rôle clé dans la rééducation et la prévention des blessures.

C'est en regardant les Jeux olympiques de Tokyo en 2021 que j'ai véritablement pris conscience de l'importance du système nerveux dans la performance sportive. La gymnaste américaine Simone Biles (aussi appelé « the goat »), l'une des plus grandes athlètes de tous les temps, a soudainement interrompu sa participation à plusieurs épreuves après avoir ressenti ce que les gymnastes appellent les « twisties » : une perte de repères dans l'espace, provoquée par une déconnexion entre le cerveau et le corps. Ce phénomène, où le système nerveux semble "bugger" en plein vol, m'a profondément marquée. Je me suis alors posé cette question : comment est-il possible qu'un corps si entraîné ne réponde plus ? Ce questionnement a renforcé mon envie de comprendre en profondeur le lien entre le système nerveux et la performance physique d'une gymnaste d'élite.

À travers cette recherche, je tenterai donc de répondre à la question suivante : dans quelle mesure le système nerveux influence-t-il la performance physique d'une gymnaste d'élite ?

Je commencerai par décrire en détail la structure et le rôle du système nerveux, afin d'en poser les bases scientifiques essentielles. Étant particulièrement intéressée par le sport, j'ai choisi d'approfondir mon étude dans le domaine des athlètes d'élite, avec un focus sur la gymnastique. J'examinerai le lien entre le système nerveux et la performance sportive, en mettant en évidence son rôle dans la coordination, la réactivité et l'exécution des mouvements complexes. Enfin, pour personnaliser mon

travail et le rendre plus concret, j'intègrerai une partie pratique, basée sur une expérience que j'aurai menée. Cette approche expérimentale me permettra de mettre en évidence, de manière concrète, comment certaines fonctions nerveuses, comme les réflexes, la coordination ou la vitesse de réaction, se traduisent en performance dans un contexte sportif réel.

À travers ce travail, je souhaite non seulement enrichir mes connaissances scientifiques, mais aussi contribuer, à une meilleure compréhension de ma propre performance. Ce projet me permettra de mieux comprendre les liens entre mon corps et mon esprit, de revenir sur mes années de gymnastique avec un regard scientifique, et de découvrir comment le système nerveux a influencé ma pratique, mes réussites, mais peut-être aussi mes limites.

2. Système nerveux

Le système nerveux est en permanence parcouru par des signaux électriques. C'est le réseau de la communication et de la coordination du corps humain. Grâce à lui, le corps peut percevoir, analyser, réagir et se mouvoir en fonction de l'environnement.

Le système nerveux est divisé en trois sous-systèmes : le système nerveux central (SNC), le système nerveux périphérique (SNP) et le système nerveux autonome (SNA).

Le SNC, composé du cerveau et de la moelle épinière, contrôle la majorité des fonctions du corps, notamment les mouvements volontaires, les réflexes, la mémoire ou encore la prise de décision. Le SNP, quant à lui, est formé de nerfs et de ganglions situés en dehors du SNC. Il a pour rôle de transmettre les signaux nerveux entre le cerveau, la moelle épinière et le reste du corps.

Un troisième composant, souvent moins visible mais tout aussi fondamental, est le SNA. Il régule toutes les fonctions involontaires du corps, comme la respiration, le rythme cardiaque, la digestion ou encore la dilatation des pupilles. Le corps humain est si complexe que notre cerveau ne pourrait pas gérer consciemment toutes ces fonctions en continu. C'est pourquoi le système nerveux autonome agit de manière indépendante, pour garantir la stabilité de notre organisme.

Ce système joue un rôle central dans le maintien de l'homéostasie, c'est-à-dire l'équilibre interne du corps malgré les variations extérieures (température, effort physique, stress...). Le SNA se divise en deux branches principales : le système sympathique, qui prépare le corps à l'action en augmentant la fréquence cardiaque et la respiration, et le système parasympathique, qui ramène le corps à un état de repos pour conserver l'énergie.

Le SNA est donc essentiel pour le bon fonctionnement de l'organisme. Il fonctionne de manière automatique grâce à des fibres sensorielles qui lui transmettent des informations internes (par exemple, sur le rythme cardiaque ou la pression sanguine). Une fois ces informations intégrées, il envoie des commandes motrices aux muscles lisses (comme ceux des vaisseaux sanguins, de l'intestin ou des bronches) ou aux glandes, afin de produire des réponses adaptées.

Bien qu'il fonctionne en arrière-plan, le SNA a une influence directe sur la performance physique, notamment en situation de stress ou d'effort intense, comme c'est le cas en gymnastique. Il permet au corps de s'adapter rapidement aux exigences physiques, de gérer la fatigue ou encore de récupérer plus efficacement. Dans le cadre de ce travail, je le considère comme une pièce maîtresse du système nerveux.

Ce système SNA, tout comme les autres composantes nerveuses, s'appuie sur une unité fondamentale : le neurone. Ces cellules spécialisées assurent la transmission de l'information nerveuse à travers tout le corps, et leur fonctionnement sera développé dans le chapitre suivant.

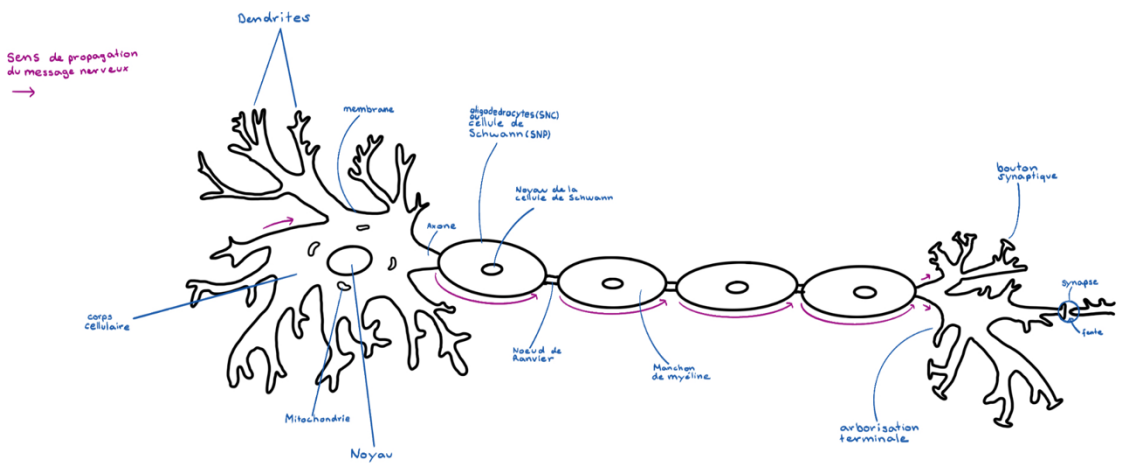
En résumé, le système nerveux autonome joue un rôle clé dans le bon fonctionnement du corps lors d'un effort physique. Sans lui, aucun geste précis ou coordonné ne serait possible. Cela permet déjà de mieux comprendre, comme évoqué en introduction avec l'exemple de Simone Biles, à quel point le système nerveux peut influencer la performance d'une athlète d'élite. Cette idée sera approfondie dans les chapitres suivants.

2.1 Neurones

Les neurones se distinguent des autres cellules, car ils possèdent des prolongements reliant les neurones entre eux. Les neurones transmettent les messages nerveux, appelés influx nerveux, au niveau de points de contact appelés synapses. Ils sont très fragiles et ont une longévité incomparable, puisque certaines peuvent fonctionner toute une vie. Ce sont des cellules excitables, ce qui signifie qu'elles peuvent générer et transmettre des signaux électriques. Cependant, une fois matures, les neurones ne peuvent plus se diviser et ont un métabolisme particulièrement élevé pour soutenir leur activité. Ils constituent la partie active du système nerveux, étant responsables non seulement de la transmission, mais aussi du traitement des signaux nerveux. Ils contiennent également l'information, puisqu'ils forment de nouvelles connexions pour améliorer le fonctionnement de la mémoire.

La structure d'un neurone est variable, mais l'image la plus couramment utilisée pour le représenter est celle d'une cellule avec un corps cellulaire, des prolongements

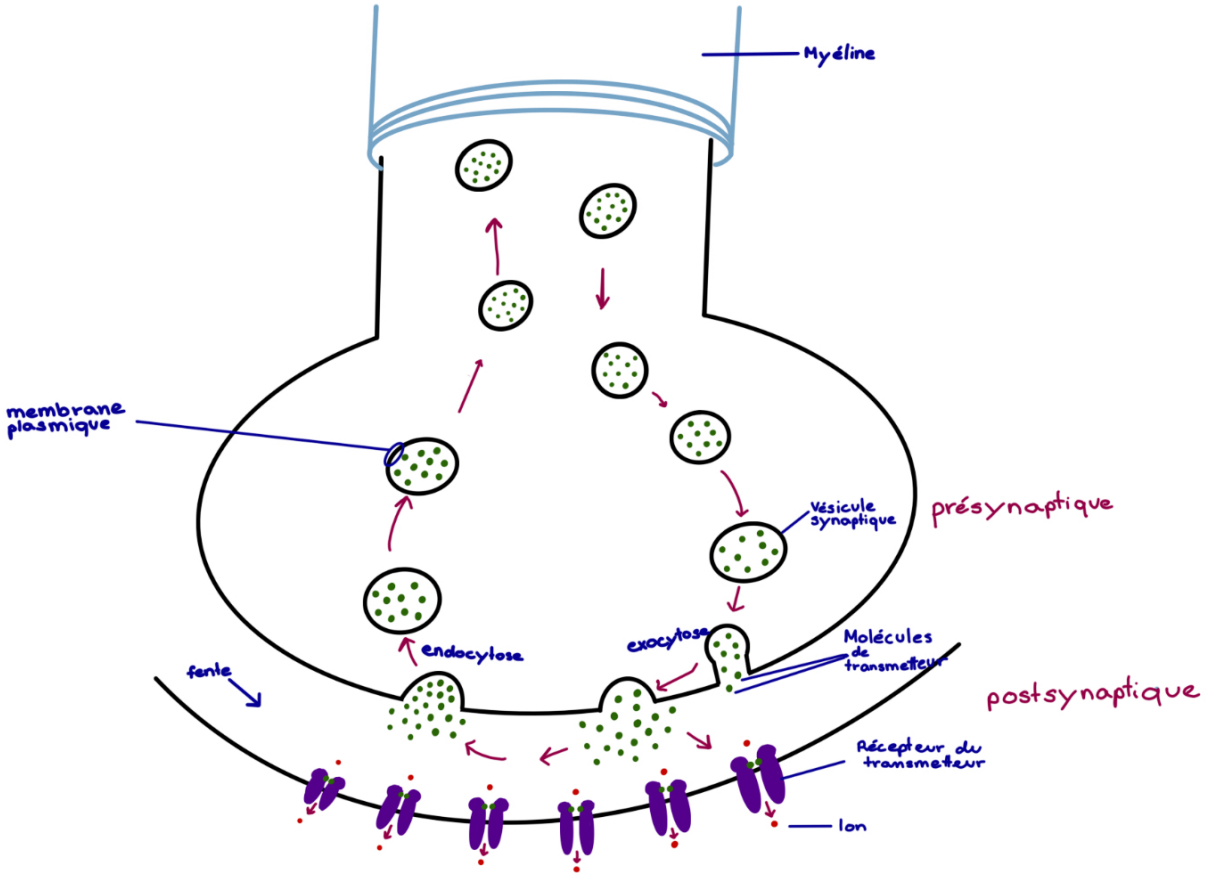
appelés dendrites et un long axone. Les dendrites reçoivent les signaux nerveux



provenant d'autres neurones et les transmettent au corps cellulaire, où se trouvent le noyau et des mitochondries qui fournissent l'énergie nécessaire au fonctionnement cellulaire. Une fois l'information intégrée, le signal nerveux se propage à travers l'axone.

L'axone peut être entouré, chez certains neurones, par une gaine de myéline. Composée de cellules de Schwann dans le SNP, qui s'enroule jusqu'à 100 fois autour de l'axone. L'enroulement serré de leurs membranes forment la gaine de myéline tandis que le dernier tour est constitué du cytoplasme et des organites de la cellule de Schwann rejetés en périphérie ou composé par des oligodendrocytes dans le SNC, qui est également enroulé autour de l'axone. Un même oligodendrocyte peut participer à la gaine de jusqu'à 40 axones différents. Cette gaine joue un rôle essentiel dans la protection du neurone et dans l'accélération de la transmission de l'influx nerveux. Entre les segments de myéline, on trouve les nœuds de Ranvier, qui permettent au signal de se propager de manière plus rapide et efficace par conduction saltatoire. Toutefois, certains neurones ne possèdent pas de gaine de myéline et conduisent donc l'influx nerveux plus lentement. Une fois arrivé à l'extrémité de l'axone, le signal atteint le bouton synaptique, où il déclenche la libération de neurotransmetteurs dans la fente synaptique afin de transmettre l'information au neurone suivant. Pour qu'une synapse fonctionne, une quantité spécifique de neurotransmetteurs doit être libérée.

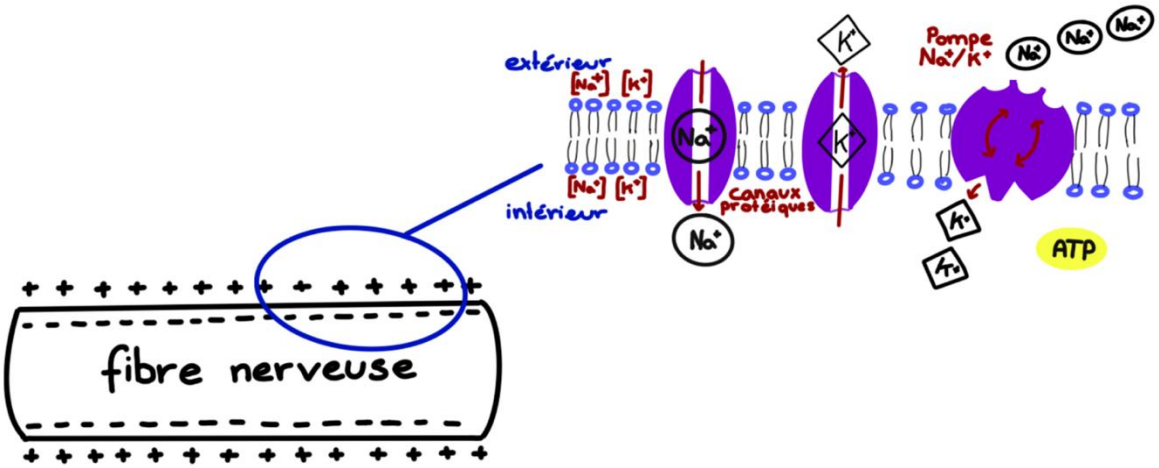
La transmission synaptique repose sur un principe fondamental :



Les neurotransmetteurs libérés dans la fente synaptique se lient à des récepteurs spécifiques situés sur la membrane du neurone post-synaptique. Cette interaction entraîne l'ouverture de canaux ioniques, modifiant ainsi le potentiel de membrane du neurone cible. Selon le type de neurotransmetteur libéré, la synapse peut avoir un effet excitateur ou inhibiteur. Les synapses excitatrices permettent l'entrée de sodium (Na+), provoquant une dépolarisation de la membrane et favorisant l'émission d'un potentiel d'action par le neurone post-synaptique. En revanche, les synapses inhibitrices favorisent l'entrée d'ions chlorure (Cl-), entraînant une hyperpolarisation qui éloigne la membrane de son seuil d'excitation et diminue ainsi la probabilité qu'un

potentiel d'action soit déclenché. Le message nerveux, sous forme de signaux bioélectriques, se propage le long des neurones connectés par des synapses. Cette transmission repose sur des mécanismes de transport à travers la membrane plasmique, qui est le lieu d'échange entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule. Certaines molécules traversent librement la membrane par diffusion passive, tandis que d'autres nécessitent un transport actif, nécessitant de l'énergie sous forme d'ATP (l'énergie). L'endocytose et l'exocytose sont également des processus essentiels au fonctionnement neuronal, permettant l'ingestion ou la sécrétion de substances comme les neurotransmetteurs.

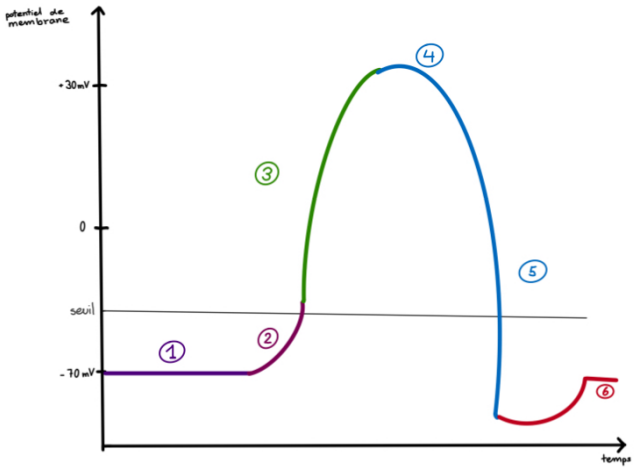
Il existe une différence de potentiel permanente, le potentiel de repos[1] et potentiel d'action[2] .



Lorsqu'un neurone est au repos, sa membrane est polarisée, présentant une différence de potentiel de -70 mV entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule. Ce potentiel de repos est maintenu grâce aux échanges d'ions sodium (Na+) et potassium (K+) à travers des canaux spécifiques et des pompes ioniques.

[1] État électrique de la membrane nerveuse tant qu'elle n'est pas excitée
[2] Perturbation brutale et de l'état électrique de la membrane nerveuse

Lorsqu'un stimulus atteint une intensité suffisante, il provoque une dépolarisation rapide de la membrane, déclenchant un potentiel d'action. Ce phénomène commence par :



1) Potentiel de repos
2) Une stimulation va ouvrir les canaux Na+, en joignant une entrée de Na+ ainsi une faible dépolarisation.
3) Ouverture des canaux Na + et une entrée massive de Na+ inversent temporairement la polarité de la membrane, une dépolarisation brutale.
4) Après cette phase, les canaux à sodium se ferment et les canaux à potassium s'ouvrent.
5) Permettant la sortie de K+ et la repolarisation de la membrane, sortie massive de K+. Une légère hyperpolarisation peut survenir avant que la cellule ne retrouve son potentiel de repos.
6) Fermeture canaux K+ et pompe Na+ et K+ s'active. Renvoi au potentiel de repos.

Une fois initié, le potentiel d'action se propage le long de la fibre nerveuse sans atténuation. La vitesse de propagation varie selon le diamètre de la fibre et la présence ou non d'une gaine de myéline. Dans les fibres non myélinisées, la conduction se fait de proche en proche, alors que dans les fibres myélinisées, le signal saute d'un nœud de Ranvier à l'autre, augmentant considérablement la vitesse de transmission. Après un potentiel d'action, la fibre nerveuse traverse une période réfractaire durant laquelle elle ne peut pas être excitée immédiatement, ce qui garantit la propagation unidirectionnelle du message nerveux.

Le codage des messages nerveux repose sur deux mécanismes. D'une part, l'information est transmise sous forme de trains de potentiels d'action dont la fréquence varie en fonction de l'intensité du stimulus. D'autre part, le nombre de fibres activées simultanément dans un nerf joue également un rôle dans le codage de l'information. La durée des trains de potentiels permet aussi de signaler la durée d'un stimulus ou d'une contraction musculaire.

Quand un signal électrique, appelé potentiel d'action, arrive à l'extrémité d'un neurone, il ne peut pas passer directement au neurone suivant, car un petit espace, la fente synaptique les sépare.
Pour transmettre l'information, le neurone libère alors des messagers chimiques,

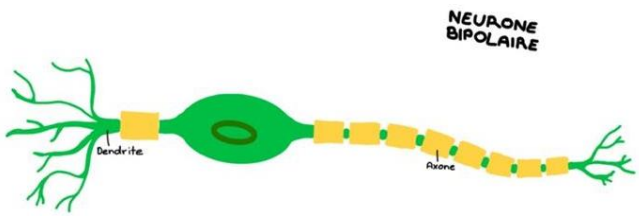
appelés neurotransmetteurs. Ceux-ci sont contenus dans de petites poches vésicules synaptiques et sont libérés dans la fente synaptique.
Les neurotransmetteurs traversent cet espace et se fixent à des récepteurs situés sur le neurone suivant. Cela modifie son activité et peut déclencher un nouveau signal électrique.
Une fois leur travail terminé, les neurotransmetteurs sont éliminés ou repris par le premier neurone pour être réutilisés.

Dans un centre nerveux, un neurone reçoit simultanément des signaux excitateurs et inhibiteurs provenant de multiples synapses. Il intègre ces informations en effectuant une sommation des potentiels post-synaptiques excitateurs (PPSE) et inhibiteurs (PPSI). Si cette sommation atteint un seuil critique, un potentiel d'action est déclenché dans le neurone post-synaptique. Dans le cas contraire, le neurone reste au repos. Cette capacité d'intégration permet aux neurones d'analyser et de moduler les signaux nerveux, assurant ainsi la complexité et la précision du traitement de l'information dans le système nerveux.

2.2.1 Types de neurones

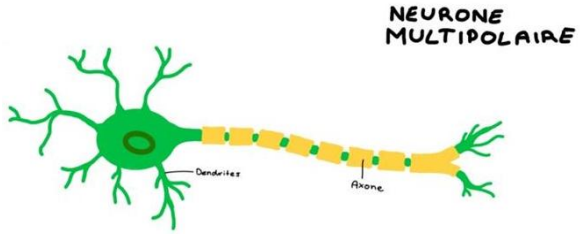
Les neurones sont classés selon leur forme et leur taille, mais également à leur longueur d'allongement. Les **neurones bipolaires** sont situés dans l'embryon et plus rare dans le tissu neurone adulte et sont impliqués dans des fonctions sensorielles. Les **neurones multipolaires** sont plutôt situé dans le SNC, ils sont les plus nombreux et sont très important dans les SNC, notamment dans le contrôle moteur et les fonctions cognitives et en dernier sont les **neurones unipolaire**, ceux si ce situe au niveau des nerfs sensitifs et du SN, ils sont spécialisés dans la transmission des informations sensorielles depuis le SNP vers le SNC.

Chaque type de neurone est adapté à un rôle particulier dans le traitement et la transmission de l'information nerveuse à travers le corps.

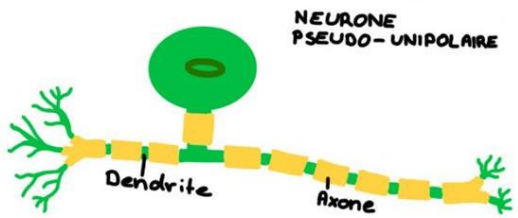


Un **neurone bipolaire** est un type de neurone qui a deux prolongements : un axone et une dendrite, qui se prolongent chacun dans des directions opposées depuis le corps cellulaire. Ce type de neurone est assez rare et se trouve principalement dans les organes sensoriels spécialisés. Par exemple, on trouve des neurones bipolaires dans la rétine de l'œil, où ils jouent un rôle important dans le traitement des informations

visuelles. Les neurones bipolaires sont aussi présents dans l'oreille interne, où ils aident à transmettre les signaux liés à l'audition et à l'équilibre.



Un **neurone multipolaire** est le type de neurone le plus courant dans le système nerveux. Il possède un seul axone et plusieurs dendrites qui émergent du corps cellulaire. Ces multiples dendrites permettent aux neurones multipolaires de recevoir des signaux de nombreuses autres cellules, ce qui est crucial pour l'intégration complexe des informations. On trouve des neurones multipolaires dans le cerveau et la moelle épinière, où ils jouent un rôle central dans la transmission et le traitement des informations motrices, sensorielles et cognitives.



Un **neurone unipolaire** (aussi appelé neurone pseudo-unipolaire) a un seul prolongement qui émerge du corps cellulaire, mais ce prolongement se divise ensuite en deux branches : l'une agit comme une dendrite (recevant les signaux) et l'autre comme un axone (transmettant les signaux). Les neurones unipolaires sont courants dans le système nerveux périphérique, où ils transmettent les informations sensorielles provenant du corps vers le système nerveux central. Par exemple, ces neurones sont impliqués dans la transmission des sensations tactiles, thermiques ou de la douleur.

2.2.2 Réparation et régénération nerveuse

Lorsque qu'un nerf est blessé, il peut y avoir une interruption dans la transmission des signaux entre le cerveau, la moelle épinière et les muscles ou les organes sensoriels. Cela peut entraîner une perte de sensation, de mouvement ou d'autres fonctions dépendant du nerf touché.

Le corps possède une certaine capacité de réparation des nerfs, bien que cela soit limité. Après une lésion nerveuse, des cellules spécialisées appelées cellules de Schwann jouent un rôle crucial. Elles commencent par nettoyer les débris de l'axone endommagé (la partie du nerf qui transmet les signaux). Ensuite, elles forment une sorte de « tube »

qui guide la repousse de l'axone vers sa cible d'origine. Dans certains cas, des interventions médicales comme la suture nerveuse ou des greffes de nerfs peuvent être nécessaires pour réaligner les extrémités du nerf et faciliter sa réparation.

Si la réparation du nerf est réussie, l'axone commence à repousser lentement (à raison d'environ 1 millimètre par jour). Avec le temps, l'axone peut reconnecter ses cibles d'origine, comme les muscles ou les récepteurs sensoriels, ce qui permet la restauration partielle ou complète de la fonction nerveuse. Cela signifie que le patient peut retrouver une certaine sensation, mouvement, ou fonction dépendant du nerf réparé. Cependant, la récupération peut être incomplète, et la rééducation est souvent nécessaire pour aider à maximiser la restauration de la fonction.

L'étude détaillée du fonctionnement des neurones, du potentiel d'action et de la transmission synaptique permet de comprendre les bases mêmes de la communication nerveuse. Ces mécanismes sont essentiels pour expliquer comment les informations circulent rapidement dans le corps et rendent possible une réponse motrice précise. Cette compréhension sera indispensable pour analyser, plus loin, le rôle du système nerveux dans la performance physique d'une gymnaste d'élite.

2.2 Cellules gliales

Les cellules gliales sont beaucoup plus nombreuses que les neurones, mais leur petite taille ne leur fait occuper la moitié du volume cellulaire totale du SNC. À côté des neurones, les gliales remplissent une fonction de soutien essentielle. Ces cellules ne sont pas excitables et n'ont donc pas de rôle direct dans la transmission des influx nerveux. Toutefois, elles sont capables de se diviser et d'assurer plusieurs fonctions de support. Par exemple, elles participent à la formation de la gaine de myéline, qui isole les axones des neurones et permet une transmission rapide des signaux nerveux. Elles contribuent également à la stabilité des synapses, assurant ainsi une communication efficace entre les neurones. De plus, les gliales ont un rôle de protection mécanique et chimique pour les neurones contre les traumatismes ou les variations du milieu qui pourraient les endommager. Elles isolent les capillaires sanguins et servent d'échanger actifs entre le sang et les neurones, assurant notamment leur ravitaillement en nutriment et en oxygène.

Ainsi, les neurones et les gliales travaillent en étroite collaboration pour assurer la bonne marche du système nerveux, chacun jouant un rôle complémentaire mais essentiel.

3. Réflex

L'exécution d'un mouvement, aussi simple soit-il, nécessite une coordination parfaite entre les muscles et le système nerveux. Bien que de nombreux mouvements soient volontaires, certains sont réflexes, c'est-à-dire des mouvements involontaires déclenchés sans intervention consciente du cerveau. Ces réflexes, qu'ils soient somatiques ou viscéraux, jouent un rôle crucial dans la protection de l'organisme et la régulation de ses fonctions.

Les réflexes sont essentiels pour assurer une réponse rapide et adaptée aux stimuli, et leur étude nous permet de comprendre comment notre corps réagit de manière automatique à des situations variées. Dans ce chapitre, je vais explorer les différents types de réflexes et leur organisation dans le système nerveux.

Tout d'abord, il est nécessaire de comprendre *la moelle épinière*, siège de nombreux réflexes, notamment les *réflexes médullaires*. La moelle épinière est un centre nerveux clé qui permet la transmission rapide de l'information entre le cerveau et le reste du corps. À partir de là, j'aborderai les *nerfs périphériques*, qui assurent la communication entre la moelle et les muscles ou organes, facilitant ainsi la mise en place de ces réflexes.

Ensuite, je détaillerai les *réflexes myotatiques*, qui sont parmi les plus étudiés, et leur rôle dans la régulation musculaire. L'étude de ces réflexes nous conduira à examiner la nature des *circuits nerveux* impliqués dans les réflexes et la manière dont les muscles antagonistes travaillent ensemble pour assurer un mouvement fluide et coordonné.

Un autre point essentiel à aborder est la différence entre *les réflexes monosynaptiques et polysynaptiques*, qui impliquent différents types d'interconnexions nerveuses. Le rôle intégrateur des centres nerveux sera également exploré pour comprendre comment l'information est traitée et transformée au niveau de la moelle épinière et du cerveau.

Enfin, je discuterai de la distinction entre les *réflexes innés* (prédéterminés génétiquement) et les *réflexes acquis* (appris par l'expérience et la répétition), et de leur impact sur la performance physique et la réactivité du corps.

Ainsi, au fil de ce chapitre, nous explorerons chaque aspect du processus réflexe et mettrons en lumière l'importance de ces mécanismes dans le fonctionnement global du système nerveux, en particulier en lien avec la performance physique.

Les réflexes, par leur rapidité et leur automatisme, jouent un rôle crucial dans la coordination et la sécurité des mouvements. Dans des disciplines exigeantes et potentiellement dangereuses comme la gymnastique de haut niveau, une réponse réflexe efficace peut parfois éviter des blessures graves, voire mortelles. Cette réalité souligne l'importance du système nerveux dans la performance physique d'une athlète

d’élite. Pour comprendre comment ces réflexes sont transmis et traités, il est essentiel de se pencher sur une structure centrale du système nerveux : la moelle épinière.

3.1 La moelle épinière

Le corps est relié au cerveau par les fibres de la moelle épinière. Mais au-delà d’un simple rôle de transmission des informations, celle-ci remplit de nombreuses fonctions, notamment la gestion des réflexes. Comme la moelle épinière traite l’information directement, la réponse est extrêmement rapide, ce qui permet de protéger l’organisme face aux dangers immédiats. Ainsi, elle déclenche les réflexes sans passer par le cerveau, ce qui accélère la réaction.

Les réflexes jouent un rôle essentiel dans la vie quotidienne de chacun, mais ils sont particulièrement cruciaux pour les sportifs. Pour un athlète, leur développement est une priorité et fait l’objet d’un entraînement intensif. Avoir des réflexes plus rapides que la plupart des réactions nerveuses classiques est fondamental pour améliorer la performance et surtout prévenir les blessures.

La moelle épinière est un axe nerveux long de 42 à 45 cm par un diamètre de 1,8 cm environ, logé dans le canal rachidien de la colonne vertébrale.

3.1.1 Tractus nerveux dans la moelle épinière

Dans la substance blanche de la moelle épinière, les fibres nerveuses sont regroupées en faisceaux en fonction du sens et du type de messages nerveux qu’elles transportent. Certains faisceaux établissent des connexions locales, tandis que d’autres se projettent jusqu’au cerveau. Quant à la substance grise centrale, elle est organisée en colonnes.

Dans la moelle, l'organisation de circuits nerveux est telle que chaque motoneurone reçoit des informations d'origine diverses : messages sensitifs provenant des récepteurs du muscle correspondant, mais aussi, entre autres, messages provenant des muscles antagonistes. Ces derniers atteignent le motoneurone grâce à des interneurones. Dans ces circuits, les interneurones médullaires sont des neurones inhibiteurs : cela signifie que lorsqu'ils sont excités (par les neurones sensitifs qui les “précédent”), ils font chuter l'activité des motoneurones des muscles antagonistes.

3.1.1.1 Nerfs périphériques

Les nerfs périphériques assurent la circulation des informations entre le cerveau et la moelle épinière. Les fibres sensitives transmettent les messages issus des organes

sensoriels et internes ; les fibres motrices contrôlent le mouvement musculaire et l'activité glandulaire.

3.1.2 Les réflexes médullaires

Un réflexe est une réponse rapide, involontaire et prévisible à un stimulus. La plupart correspondent à des instincts de survie ou de protection de l'organisme. Un réflexe fait appel à des circuits nerveux simples et rapides, n'impliquant pas les structures supérieures du cerveau. De fait, ce dernier n'est informé de la conduite-réflexe qu'après son déclenchement, lorsqu'il est trop trad pour l'arrêter. Les réflexes médullaires mettent en jeu des fibres sensitives qui apportent l'information au niveau de la moelle, ces fibres sont connectées à un neurone moteur directement ou par le truchement d'un neurone intermédiaire. L'ordre de contraction vient donc directement de la moelle épinière.

Il y a deux types de réflexes, les réflexes simples, appelés monosynaptiques, impliquent une seule synapse entre un neurone sensitif et un neurone moteur, comme le réflexe rotulien. Les réflexes complexes, appelés polysynaptiques, impliquent plusieurs neurones et synapses, permettant d'avoir des plus grandes réponses qui sont plus élaborées, comme retirer la main en réponse à une douleur.

3.1.3 Le réflexe myotatique

Après avoir étudié les réflexes médullaires, qui permettent des réponses rapides et involontaires à des stimuli externes, nous allons maintenant nous intéresser à un type particulier de réflexe : le réflexe myotatique. Contrairement aux réflexes liés à la douleur, qui visent à protéger l'organisme en éloignant une partie du corps d'un stimulus nocif, le réflexe myotatique joue un rôle fondamental dans le maintien de la posture et la stabilité des mouvements.

Le maintien de la posture, comme la station debout, repose sur des contractions musculaires involontaires et coordonnées. Ces contractions font intervenir un mécanisme automatique : le réflexe myotatique, qui est une contraction réflexe d'un muscle en réponse à son propre étirement. Il est mis en évidence lorsqu'un médecin frappe un coup sec sur un tendon musculaire, ce qui provoque un étirement du muscle concerné. En réponse, ce muscle se contracte immédiatement.

Ce phénomène repose sur l'action de récepteurs spécialisés, appelés fuseaux neuromusculaires, qui sont sensibles à l'étirement du muscle. Lorsqu'un muscle est étiré, ces fuseaux détectent la variation de longueur et génèrent un message nerveux sensitif, dont l'intensité dépend du degré d'étirement.

Prenons l'exemple du réflexe achilléen, déclenché par un choc sur le tendon d'Achille :

Le coup porté sur le tendon provoque l'étirement du muscle du mollet. Cette variation est immédiatement perçue par les fuseaux neuromusculaires, qui génèrent un message nerveux. Ce message est transmis par un neurone sensoriel qui emprunte la racine dorsale d'un nerf rachidien pour atteindre la moelle épinière.

Dans la substance grise de la moelle épinière, le message nerveux sensitif est traité et une réponse est déclenchée. Un motoneurone, activé en réponse au stimulus, génère un message nerveux moteur. Ce message est véhiculé via l'axone du motoneurone, qui emprunte cette fois la racine ventrale du nerf rachidien.

À l'extrémité de l'axone, au niveau de la synapse neuromusculaire, ce message nerveux déclenche la libération d'un neurotransmetteur, l'acétylcholine. Cette molécule se fixe sur des récepteurs spécifiques situés sur les fibres musculaires du mollet, entraînant leur contraction. Cette contraction permet au pied de se redresser rapidement après le choc.

Ce réflexe, entièrement involontaire, est essentiel au contrôle du tonus musculaire et à la posture. Il permet notamment d'éviter l'affaissement soudain d'un muscle et de maintenir un équilibre permanent sans intervention consciente.

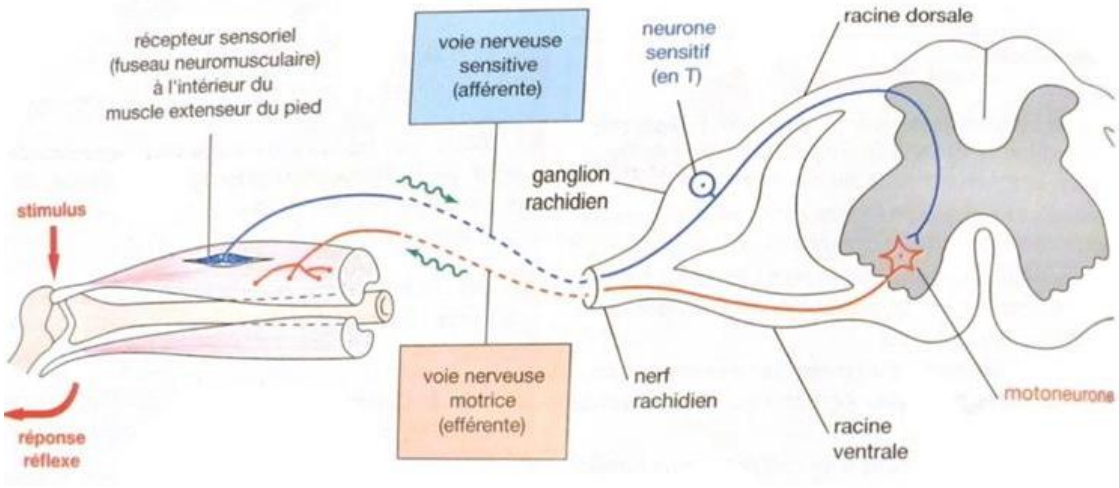
Le circuit nerveux du réflexe myotatique

Deux types des neurones sont organisés en un arc de réflexes au cours du réflexe myotatique.

Les neurones afférents relient directement les récepteurs sensoriels musculaire, stimulés par l'étirement qui résultent du choc, à la moelle épinière. Les corps cellulaires de ses neurones sensitifs sont situés dans les ganglions rachidiens. Leur prolongement cytoplasmique constitue les fibres nerveuses afférentes qui gagnent la moelle par la racine dorsale d'un nerf rachidien.

Les neurones efférents ou motoneurones relient directement la moelle épinière aux effecteurs musculaires. Les corps cellulaires de ces neurones sont localisés dans la substance grise de la moelle. Leur axons, qui emprunte les racines ventrales des nerfs rachidiens, constituent les fibres nerveuses efférentes.

La connexion entre les neurones afférents et efférents se situe dans la moelle épinière. Dans le cas du réflexe myotatique simple, cette connexion est directe : les axones des neurones afférents établissent une synapse directement avec les dendrites ou le corps cellulaire des motoneurones. Comme ce réflexe ne traverse qu'une seule synapse, on parle d'un arc réflexe monosynaptique.



Sources : Cornet, Michèle. Biologie – 4e année – Sciences générales. Éditions Van In

Cependant, certains réflexes nécessitent l'intervention d'un ou plusieurs interneurones (ou neurones d'association) situés entre le neurone sensitif et le neurone moteur. Dans ce cas, plusieurs synapses sont impliquées, ce qui qualifie ces réflexes de polysynaptiques. C'est notamment le cas des réflexes nécessitant une inhibition ou une coordination réciproque, comme le réflexe de retrait en réponse à une douleur.

3.1.4 Les réflexes et leur organisation dans le système nerveux

3.1.4.1 L'activité coordonnée des muscles antagonistes

Le mouvement d'une articulation repose sur une coordination précise entre des groupes musculaires opposés, appelés muscles antagonistes. Lorsqu'un muscle se contracte pour produire un mouvement, son antagoniste doit simultanément se relâcher afin de permettre ce mouvement de manière fluide et efficace. Un exemple typique est l'extension du genou, qui nécessite la contraction des muscles extenseurs, comme le quadriceps, tandis que les muscles fléchisseurs, comme les ischio-jambiers, doivent se relâcher.

Cette coordination est assurée par un double mécanisme au niveau de la moelle épinière, permettant une réponse rapide et automatique. D'une part, un circuit monosynaptique excitateur active directement le muscle étiré, entraînant sa contraction. D'autre part, un circuit polysynaptique inhibiteur intervient simultanément en recrutant des interneurones, qui inhibent l'activité du muscle antagoniste, l'empêchant ainsi de résister au mouvement.

Grâce à cette organisation nerveuse, les réflexes moteurs garantissent une exécution rapide et précise des mouvements, sans nécessiter l'intervention consciente du cerveau. Ce processus est essentiel à la fluidité des gestes et à la stabilité posturale,

notamment dans des activités quotidiennes comme la marche ou le maintien de l'équilibre.

3.1.4.2 Le réflexe monosynaptique et le réflexe polysynaptique

Il existe plusieurs types de réflexes, classés selon leur circuit nerveux ou leur origine. Voici deux différents réflexes selon leur circuit nerveux.

- Le réflexe monosynaptique est le plus rapide. Il implique seulement deux neurones, un neurone sensitif, qui capte l'information (stimulus), et un neurone moteur, qui envoie directement la réponse aux muscles. L'exemple le plus connu est le réflexe rotulien : lorsqu'un médecin frappe le tendon sous la rotule (une partie du genou), le muscle de la cuisse se contracte immédiatement, provoquant un léger soulèvement de la jambe.

- Le réflexe polysynaptique, en revanche, est plus complexe. Il fait intervenir un ou plusieurs interneurones entre le neurone sensitif et le neurone moteur. Ce type de réflexe permet des réponses plus élaborées, comme le réflexe de retrait. Si l'on touche un objet brûlant, la main se rétracte instantanément. Dans ce cas, des interneurones transmettent l'information pour activer les muscles fléchisseurs et inhiber les muscles antagonistes, permettant ainsi un mouvement rapide et coordonné. Puisque le message nerveux doit traverser plusieurs synapses supplémentaires avant d'atteindre le cerveau, l'information met un peu plus de temps à être traitée. C'est pourquoi la sensation de douleur n'apparaît qu'après avoir retiré la main de la plaque brûlante.

3.1.4.3 Le rôle intégrateur des centres nerveux

La moelle épinière ne se contente pas de transmettre des réflexes simples, elle joue également un rôle d'intégration des informations nerveuses.

En effet, les centres nerveux supérieurs notamment l'encéphale peuvent moduler l'amplitude des réponses réflexes. Par exemple, une personne tendue aura un réflexe rotulien plus marqué, car son encéphale module l'excitabilité des neurones médullaires.

Ainsi, les centres nerveux supérieurs permettent d'adapter les réflexes à la situation. Cette capacité d'intégration est essentielle pour des mouvements plus complexes et coordonnés.

3.1.4.4 Les réflexes innés et les réflexes acquis

Les réflexes innés sont présents dès la naissance et jouent un rôle fondamental dans la survie et le bon fonctionnement de l'organisme. Ils impliquent un récepteur sensoriel, qui détecte une stimulation au niveau de la peau. Des muscles ou des organes internes, ont un centre d'intégration, situé dans la moelle épinière ou l'encéphale, est un effecteur, qui peut être un muscle squelettique, un muscle lisse ou une glande. Ces réflexes peuvent être classés en réflexes somatiques, lorsqu'ils mobilisent les muscles squelettiques, comme le réflexe de retrait en réponse à une douleur, et en réflexes viscéraux, qui permettent la régulation des organes internes, comme l'ajustement du rythme cardiaque.

Dès les premiers instants de la vie, certains réflexes innés sont observables chez le nourrisson, tels que le réflexe de préhension, qui se traduit par un agrippement automatique des doigts, ou le réflexe de marche automatique, qui disparaît après quelques semaines. Un autre exemple est le réflexe pupillaire, qui permet d'adapter l'ouverture de la pupille en fonction de la luminosité. Ce dernier est contrôlé par le tronc cérébral et mobilise des neurones du système nerveux autonome. Tous ces réflexes ont en commun d'être automatiques et prévisibles, puisqu'un même stimulus entraîne toujours la même réponse, rapides, car ils empruntent des circuits nerveux courts, et modulables par les centres nerveux supérieurs, qui peuvent parfois les inhiber ou les ajuster.

Contrairement aux réflexes innés, les réflexes acquis nécessitent un apprentissage et une répétition avant de devenir automatiques. Des activités comme le vélo, la marche ou l'écriture exigent au départ un effort conscient et une coordination volontaire, mais grâce à la répétition, ces gestes finissent par être automatisés et pris en charge par des boucles réflexes situées dans des structures sous-corticales du cerveau, ce qui libère le cortex cérébral d'un contrôle permanent.

L'expérience menée par Ivan Pavlov au début du XXe siècle a permis de mettre en évidence un type particulier de réflexe acquis, appelé réflexe conditionné. Dans ce cas, un stimulus naturel, comme la nourriture, déclenche une réponse automatique, ici la salivation. En associant ce stimulus naturel à un stimulus neutre, comme l'expérimentation de Diapason, Pavlov a démontré que l'animal finissait par saliver en présence du diapason seul, sans nécessité de la nourriture. Ce type de conditionnement est omniprésent dans la vie quotidienne et se retrouve notamment dans les rituels d'endormissement ou dans certaines habitudes liées à l'étude.

Les réflexes acquis partagent plusieurs caractéristiques : ils sont le fruit de l'apprentissage et de la mémoire, impliquent l'encéphale, sont spécifiques à chaque

individu et peuvent être renforcés ou abandonnés selon l'usage. À la différence des réflexes innés, ils ne sont donc pas présents dès la naissance mais se construisent au fil du temps, évoluant en fonction de l'expérience et de l'environnement.

L'étude détaillée des différents types de réflexes, de leur organisation au sein du système nerveux et des mécanismes qui les régulent, montre à quel point ces réponses automatiques sont fondamentales pour le mouvement, l'équilibre et la coordination. Le rôle intégrateur des centres nerveux, la distinction entre réflexes innés et acquis, ainsi que leur amélioration par l'entraînement, révèlent clairement que les réflexes ne sont pas figés : ils peuvent être optimisés. Ce constat illustre concrètement l'influence directe du système nerveux sur la performance physique d'une gymnaste d'élite, où chaque milliseconde et chaque contraction musculaire peuvent faire la différence.

3.1.5 Mécanismes d'amélioration des réflexes par l'entraînement

La meilleure façon pour savoir quelle est l'entraînement nécessaires pour pouvoir améliorée le mécanisme des réflexes aux mieux est de le faire soi-même, en expérimentant. Pour par exemple contrôler le fonctionnement des réflexes chez des athlètes à haut niveau, pour observer la différence au niveau de la rapidité. Par contre à cause du manque de matériel et des ressources en général, je n'ai pas pu dérouler ces expérimentations pour recuire les données nécessaires pour prendre ma conclusion. Donc à la place je me suis informée pour trouver des entraînements pour améliorer les réflexes. Voici quelques entraînement pour améliorer les réflexes de plusieurs façons :

- Répétition et pratique

La répétition d'un mouvement ou d'une action spécifique renforce les connexions synaptiques entre les neurones impliqués, facilitant ainsi l'automatisation et l'exécution rapide de cette tâche. Ce phénomène, essentiel pour les athlètes nécessitant des réactions promptes en compétition, est généralement appelé "mémoire musculaire". Il s'agit d'une forme de mémoire procédurale où la répétition conduit à l'intégration d'une tâche motrice spécifique dans le système nerveux central.

Les mécanismes neuronaux de la mémoire musculaire sont composés de plasticité synaptique, qui est une répétition d'un mouvement entraîne des modifications des connexions synaptiques entre les neurones, un processus appelé plasticité synaptique. Ce renforcement améliore la communication neuronale, rendant les mouvements plus fluides et automatiques. Additionnel il y a la consolidation neuronale ce sont les réseaux neuronaux qui se réorganisent pour optimiser l'exécution des

tâches motrices. Cette réorganisation peut inclure la formation de nouvelles synapses, augmentant ainsi l'efficacité des circuits neuronaux impliqués.

Il faut également prendre en compte les structures cérébrales impliquées, comme le cortex moteur qui est responsable de la planification et de l'exécution des mouvements volontaires, le cortex moteur est fortement sollicité lors de l'apprentissage d'une nouvelle tâche motrice. Avec la pratique, l'activité dans cette région peut diminuer à mesure que le mouvement devient plus automatique. Comme le cervelet, jouant un rôle crucial dans la coordination, la précision et le timing des mouvements, le cervelet ajuste les actions motrices en comparant l'intention du mouvement avec le résultat réel, affinant ainsi les compétences motrices par la pratique répétée. Terminant avec les ganglions de la base, ce sont les structures profondes du cerveau qui sont impliquées dans la formation des habitudes et l'automatisation des mouvements. Elles aident à sélectionner les actions appropriées et à inhiber les mouvements non désirés, contribuant ainsi à la fluidité des actions répétées.

Il ne faut pas oublier l'interaction entre le système nerveux et les muscles.

• Unité motrice : Composée d'un neurone moteur et des fibres musculaires qui inverse l'unité motrice, voit sa coordination améliorée par l'entraînement répétitif, permettant une activation plus synchronisée des fibres musculaires et une exécution plus précise des mouvements.

• Adaptations musculaires : Bien que le terme "mémoire musculaire" suggère une implication directe des muscles, les changements se produisent principalement au niveau du système nerveux. Cependant, une pratique régulière peut entraîner des adaptations musculaires, telles qu'une meilleure efficacité énergétique et une endurance accrue, soutenant ainsi les mouvements automatisés.

Ce mécanisme est observable dans de nombreuses activités quotidiennes qui deviennent automatiques avec la pratique, telles que faire du vélo, taper sur un clavier, jouer d'un instrument de musique ou pratiquer des arts martiaux. La mémoire musculaire permet également de reprendre plus facilement une compétence après une période d'inactivité, grâce à la persistance des adaptations neuronales précédemment établies.

Pour les athlètes, la mémoire musculaire est fondamentale, car elle leur permet d'exécuter des mouvements avec précision et rapidité sans effort conscient. Par exemple, une gymnaste peut effectuer des figures complexes sans perdre l'équilibre grâce à cette mémoire procédurale. De plus, même après une pause dans l'entraînement, les athlètes peuvent retrouver plus rapidement leur niveau de

performance antérieur en raison de la persistance des adaptations neuronales et musculaires acquises.

- Renforcement de la coordination

Travailler sur la coordination des mouvements améliore la communication entre le cerveau et les muscles, ce qui est essentiel pour une réponse rapide et précise lors de l'exécution des mouvements. L'entraînement de la coordination, en particulier à travers des exercices de proprioception, joue un rôle clé dans l'amélioration des réflexes. La proprioception est la capacité du corps à percevoir sa position dans l'espace, ce qui permet aux athlètes de s'ajuster rapidement et efficacement. Par exemple, des exercices tels que l'équilibre sur une jambe ou l'utilisation de surfaces instables (comme des planches d'équilibre) renforcent la capacité du système nerveux à envoyer des signaux plus rapides et plus efficaces aux muscles. Cela améliore non seulement la stabilité et la précision, mais aussi la réactivité du corps face à des stimuli extérieurs. Ces exercices aident à affiner les réflexes en améliorant la conscience corporelle et en permettant au cerveau de mieux anticiper les mouvements nécessaires, ce qui est crucial pour éviter les blessures et optimiser la performance.

- Entraînement mental

L'entraînement mental est également un aspect fondamental dans l'amélioration des réflexes et de la performance d'un athlète. La visualisation, par exemple, consiste à imaginer des scénarios spécifiques de compétition ou d'entraînement, permettant ainsi au cerveau de s'entraîner à réagir de manière rapide et précise sans même exécuter physiquement le mouvement. Cette technique prépare l'esprit à réagir à une variété de situations réelles, en renforçant les connexions neuronales associées aux réflexes nécessaires pour effectuer ces mouvements de manière fluide et rapide. En plus de la visualisation, les techniques de concentration, telles que la pleine conscience ou la gestion du stress, peuvent améliorer l'attention et la rapidité de réaction. En renforçant l'activation des circuits nerveux responsables de la prise de décision rapide, ces techniques permettent aux athlètes de maintenir un niveau de performance élevé même sous pression. L'entraînement mental contribue ainsi à rendre les réflexes non seulement plus rapides, mais aussi plus précis et adaptés à la situation, ce qui est particulièrement essentiel dans des sports où chaque instant compte.

Ces aspects : répétition et pratique, la coordination physique et l'entraînement mental, se complètent pour améliorer l'efficacité des réflexes et en fin de compte, la performance physique. De cette façon les athlètes peuvent maximiser leurs capacités réflexes et répondre de manière optimale aux défis imposés par des performances de haut niveau.

Pour comprendre le point de vue d'une gymnaste un peu mieux je vais vous donner un aperçu sur quelques prochains exercices pour améliorer les réflexes et donc les connections neuronales dans le domaine de la gymnastique. La gymnastique est un sport qui sollicite l'ensemble du corps en permanence. Elle repose principalement sur la souplesse et le renforcement musculaire. Pour améliorer les réflexes, plusieurs types d'exercices sont recommandés, notamment :

• Les sauts et les exercices de réaction, qui permettent d'entraîner la rapidité et la coordination des mouvements.

• Les drills de coordination, pour améliorer la synchronisation des gestes.

• Les exercices de proprioception (ex. : équilibre sur une jambe), qui développent la perception du corps dans l'espace.

• Les exercices de visualisation (imagerie mentale), qui stimulent le cerveau et renforcent les connexions neuronales essentielles en gymnastique.

Ces exercices peuvent être pratiqués sous forme de compétitions amicales, ce qui permet d'entraîner les réflexes et la mémoire musculaire.

Les techniques spécifiques à la gymnastique sont souvent développées par la répétition. Par exemple, la répétition des éléments techniques (comme les flips ou les pirouettes) renforce les connexions neuronales, rendant les mouvements plus fluides et rapides. De plus, le travail sur les atterrissages permet d'améliorer la capacité à réagir rapidement à la réception, réduisant ainsi le risque de blessure.

Ces exercices et techniques aident les gymnastes à développer des réflexes rapides et précis, essentiels pour exécuter des mouvements complexes et améliorer leurs performances. Grâce à une pratique régulière et ciblée, ils peuvent affiner leur réactivité, un atout crucial dans ce sport exigeant. Cela nous montre quelle importance le système nerveux a sur le corps et certainement dans le domaine de la gymnastique. Il est cruciale pour le développement, le fonctionnement et pour la prévention de blessures.

4. L’effet neuromoteur en rapport avec la gymnastique

Le système nerveux est essentiel pour les athlètes de haut niveau, car il contrôle et coordonne tous les mouvements et réactions du corps.

Le cerveau, protégé par le crâne, est un organe complexe qui traite les informations sensorielles transmises par les nerfs crâniens et rachidiens. Pour un athlète, ces informations peuvent inclure la vision du terrain, le ressenti des muscles et l'équilibre. La moelle épinière, située dans la colonne vertébrale, transmet ces signaux entre le cerveau et le reste du corps, ce qui permet des réactions rapides et coordonnées.

Les athlètes d'élite dépendent de la rapidité et de la précision du traitement de ces informations. Par exemple, lors d'une compétition, la capacité à réagir instantanément à un stimulus, comme le départ d'une course ou un changement de direction, est souvent liée aux réflexes. Ces réflexes, comme le réflexe rotulien ou la constriction pupillaire en réponse à la lumière, se produisent automatiquement grâce à des circuits nerveux simples.

Cependant, les mouvements complexes et les stratégies de jeu nécessitent un traitement plus avancé dans le cerveau. Par exemple, un sprinteur doit non seulement réagir rapidement au coup de départ, mais aussi ajuster sa posture et sa foulée pour optimiser sa performance. Ces ajustements sont possibles grâce à une communication efficace entre le cerveau, la moelle épinière, et les muscles du corps.

En somme, le système nerveux permet aux athlètes de haut niveau d'exploiter pleinement leur potentiel physique en assurant une coordination précise et rapide de leurs mouvements, essentiels pour exceller dans leur discipline.

Le système nerveux est fondamental pour les gymnastes de haut niveau, car il permet la coordination précise et rapide des mouvements complexes nécessaires dans des disciplines comme les barres asymétriques, la poutre, le sol et le saut.

4.1 Barres asymétriques

Les barres asymétriques sont l'une des disciplines les plus techniques et complexes de la gymnastique. Elles exigent une coordination exceptionnelle, un timing précis et une force considérable.

Coordination et Contrôle Moteur : Lorsqu'une gymnaste évolue sur les barres asymétriques, elle doit synchroniser parfaitement ses mouvements pour passer d'une barre à l'autre, enchaîner des transitions fluides et des rotations dynamiques. Le système nerveux central (SNC), en particulier le cerveau, joue un rôle clé dans le traitement des informations sensorielles provenant des muscles, des articulations et des tendons. Par exemple, lorsque la gymnaste effectue un lâcher de barre pour se saisir de l'autre, son cerveau doit rapidement analyser la position du corps, la force de rotation, et la distance entre les barres pour ajuster la trajectoire de ses bras et de ses jambes en temps réel.

Réflexes et Ajustements : Les réflexes sont cruciaux pour corriger les erreurs en temps réel. Si la gymnaste sent qu'elle perd l'équilibre ou que son corps n'est pas aligné correctement, des signaux nerveux rapides sont envoyés pour effectuer des micro-ajustements instantanés, permettant de reprendre le contrôle du mouvement. Ces corrections automatiques sont souvent le résultat de réflexes spinaux qui ne nécessitent pas l'intervention consciente du cerveau, permettant ainsi une réaction plus rapide.

4.2 Poutre

La poutre est une discipline où l'équilibre, la précision et la concentration mentale sont essentiels.

Proprioception et Équilibre : La proprioception, qui est la capacité à percevoir la position du corps dans l'espace, est primordiale sur la poutre. Les récepteurs sensoriels situés dans les muscles, les tendons et les articulations envoient en continu des informations au cerveau sur la position du corps par rapport à la poutre. Le cerveau traite ces informations pour maintenir l'équilibre, surtout lors des éléments dynamiques comme les sauts ou les pirouettes. La moindre erreur dans la perception de l'alignement corporel peut entraîner une chute.

Concentration et Contrôle Mental : La poutre, étant seulement large de 10 cm, nécessite une concentration mentale extrême. Le système nerveux central doit filtrer les distractions externes et se concentrer sur les signaux sensoriels pertinents. La capacité à maintenir une focalisation intense tout en exécutant des mouvements complexes repose sur une coordination étroite entre le cortex moteur (responsable de l'exécution des mouvements) et le cortex préfrontal (responsable de la concentration et de la prise de décision).

4.3 Sol

Le sol est une discipline qui combine des éléments d'acrobatie, de danse et d'expression artistique, nécessitant à la fois puissance, flexibilité et un peu d'endurance.

Planification Motrice : Sur le sol, les gymnastes exécutent des séries de sauts, de flips et de vrilles qui nécessitent une planification motrice sophistiquée. Le cortex moteur primaire planifie et initie les mouvements complexes, en prenant en compte la force nécessaire pour les sauts et la coordination des différentes parties du corps pour les rotations en l'air. Les circuits neuronaux impliqués doivent synchroniser la contraction et la relaxation des groupes musculaires pour assurer des mouvements fluides et contrôlés.
Contrôle en Air : Lors des acrobaties aériennes, comme les saltos ou les flips, la capacité à contrôler le corps en plein vol est essentielle. Le système nerveux central doit intégrer rapidement les informations visuelles et vestibulaires (liées à l'équilibre) pour ajuster la position du corps, la rotation et la vitesse en l'air. Les nerfs transmettent des signaux aux muscles pour corriger la posture, permettant à la gymnaste d'atterrir en toute sécurité et avec précision.

4.4 Saut

Le saut de cheval demande une combinaison de vitesse, de puissance et de précision.

Génération de Puissance : Lors de la course d'élan, le système nerveux central coordonne l'activation des muscles des jambes, du tronc et des bras pour générer une puissance explosive. La capacité à synchroniser cette puissance avec le moment où la gymnaste pousse sur le saut est cruciale pour atteindre la hauteur et la distance nécessaires pour réaliser les figures en l'air. Pour qu'une gymnaste sache quand se placer en position de flic-flac avant de sauter, ses nerfs sensoriels calculent la distance afin qu'elle puisse s'ouvrir au moment parfait pour enchaîner le reste de la figure. Dans cette situation les nerfs sont cruciaux pour éviter des accidents.

Anticipation et Réaction : En plein vol, le cerveau anticipe la rotation et la position du corps, envoyant des signaux aux muscles pour ajuster la posture. Cette anticipation est basée sur l'expérience et la mémoire musculaire, où le cerveau se souvient des mouvements réussis antérieurs pour affiner la technique. À la réception, le système nerveux doit réagir en quelques millisecondes pour stabiliser le corps et prévenir les blessures, en ajustant la position des pieds et l'alignement du corps.

Ces exemples montrent à quel point le système nerveux est indispensable pour la performance des gymnastes. Chaque mouvement, chaque ajustement et chaque réaction dépend d'une communication rapide et précise entre le cerveau, la moelle épinière et les muscles. C'est cette coordination nerveuse qui permet aux gymnastes de réaliser des performances incroyablement techniques et gracieuses, tout en réduisant le risque de blessures dans un sport où chaque détail compte.

5. Partie pratique

Pour mon travail, je voulais expliquer le fonctionnement du système nerveux de manière simple et compréhensible, en lien avec la pratique sportive, notamment chez les athlètes de haut niveau. Mon idée de départ était de faire passer quelques exercices de coordination, de concentration et de répétition à deux gymnastes, afin de comparer l'efficacité de leur système nerveux. Mais j'ai vite compris que le niveau d'une gymnaste ne reflète pas forcément l'état de son système nerveux, car cela dépend de son entraînement spécifique, ce que je ne peux ni mesurer ni prouver avec précision.

Un bon exemple est celui de Simone Biles, la meilleure gymnaste de l'histoire, qui a connu un blocage soudain aux Jeux olympiques de Tokyo. Malgré son immense talent, son système nerveux ne répondait plus correctement, ce qui l'a empêchée d'exécuter ses mouvements habituels. Cela montre que même un système nerveux très entraîné peut se dérégler.

C'est pourquoi j'ai finalement décidé d'analyser un simple salto, un mouvement qui paraît basique mais qui implique une coordination complexe du système nerveux. Mon but est de montrer le trajet de l'influx nerveux pendant ce mouvement et de souligner à quel point ce système est essentiel pour la précision, la sécurité et la performance.

Je vais donc commencer par décrire la phase de préparation, c'est-à-dire tout ce qui se passe dans le corps et le système nerveux juste avant le saut.

Phase préparatoire (avant le saut)

• Concentration et activation du SNC : Avant de réaliser le salto, la gymnaste se concentre sur le mouvement à exécuter. Le cerveau (SNC) envoie des signaux aux muscles pour préparer le corps, surtout les muscles des jambes, à fournir l'effort nécessaire.

• Rôle des neurones moteurs : Les neurones moteurs dans la moelle épinière et le cerveau transmettent des informations pour activer les muscles des jambes, des bras et du tronc. Cela implique l'utilisation du cortex moteur qui envoie des signaux à travers le SNP pour activer les muscles.

• Réflexes préparatoires : Les réflexes myotatiques (comme le réflexe d'étirement) se déclenchent lorsque les muscles sont tendus, ce qui aide à optimiser l'élan du saut.

Juste avant l'impulsion, la gymnaste commence une courte course pour prendre de l'élan. Ses jambes s'activent puissamment grâce aux muscles des cuisses, des mollets

et des fessiers. Au moment où elle s'apprête à sauter sur la planche, son corps adopte une position très spécifique : les fesses sont placées légèrement en arrière par rapport aux pieds, pour mieux projeter le corps vers l'avant. Les bras sont tendus vers le haut, proches des oreilles, et les épaules sont engagées. Cette position forme une sorte de « U » avec le corps, ce qui permet de maximiser la poussée et de préparer le mouvement aérien du salto. À ce moment-là, le cerveau envoie des influx nerveux très rapides pour coordonner parfaitement les muscles et éviter toute erreur.

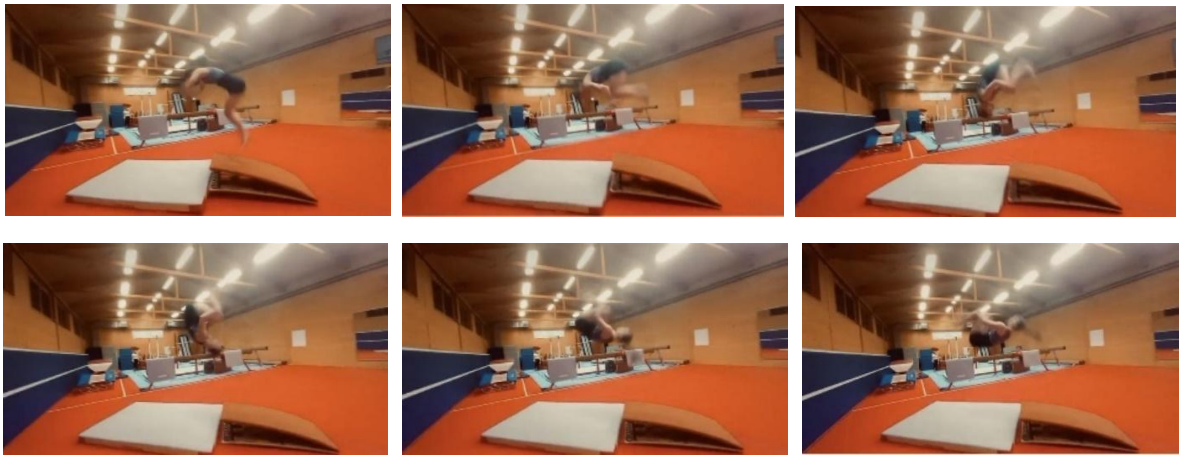
Phase du saut (impulsion et décollage)

• Exécution de l'impulsion : Lors de l'impulsion, la gymnaste utilise la force de ses jambes pour se propulser dans les airs. Cette action est commandée par le SNC, notamment le cortex moteur, qui envoie des signaux directs aux muscles pour coordonner l'effort musculaire.

• Activation des neurones moteurs : Les neurones moteurs dans la moelle épinière transmettent l'ordre aux muscles des jambes et du tronc. En même temps, les neurones sensoriels détectent les changements dans la position du corps.

• Système nerveux périphérique : Les nerfs périphériques jouent un rôle essentiel dans la transmission des signaux nerveux entre la moelle épinière et les muscles des jambes et du tronc, permettant une coordination parfaite de l'impulsion.

Toutes ces actions coordonnées permettent à la gymnaste de se propulser à une hauteur suffisante pour exécuter le salto sans risque de chute. Le système nerveux périphérique, en lien avec les informations visuelles et sensorielles, aide le corps à ajuster l'impulsion selon la hauteur nécessaire. C'est aussi grâce à la répétition que le corps apprend peu à peu à quelle hauteur sauter, avec quelle force et à quelle vitesse tourner, pour réussir à retomber avec précision sur les pieds.



Phase de rotation (pendant le salto)

• Régulation par le SNC : Une fois dans l'air, la rotation du corps est commandée par des signaux nerveux rapides envoyés par le cerveau pour maintenir l'équilibre et la posture. Le cerveau, en collaboration avec le cortex cérébelleux, ajuste en continu la position du corps pour garantir la rotation correcte.

• Réflexes de correction posturale : Des réflexes involontaires, comme le réflexe vestibulaire, interviennent pour maintenir l'équilibre. Ces réflexes proviennent des informations sensorielles perçues par l'oreille interne (qui gère l'équilibre) et sont traitées par le cerveau pour éviter toute perte de contrôle.

• Système nerveux autonome : Le SNA ajuste certaines fonctions automatiques, comme la respiration et la fréquence cardiaque, afin de garantir que l'effort ne soit pas compromis par des déséquilibres internes.

Pour augmenter la vitesse de la rotation et garantir une bonne exécution, la gymnaste va compresser son corps en pliant les genoux et en tenant ses jambes avec ses mains. Cette position en boule minimise la surface du corps qui entre en contact avec l'air, ce qui permet de tourner plus rapidement. Il est essentiel qu'elle reste dans cette position aussi compactée que possible tout au long de la rotation, afin de maintenir le contrôle et la vitesse nécessaire pour bien réussir le salto.

Phase de stabilisation (retour au sol et atterrissage)

• Réflexes d'atterrissage : L'atterrissage déclenche des réflexes automatiques comme les réflexes myotatiques (réaction des muscles aux étirements), qui permettent d'absorber l'impact et d'adapter la position du corps pour un atterrissage stable.

Une fois la rotation terminée, le corps s'ouvre progressivement pour préparer un atterrissage droit. Les bras s'abaissent et les jambes se tendent pour aligner le corps avec le sol. Cette phase nécessite une coordination précise pour maintenir l'équilibre et éviter une chute. Le système nerveux continue d'ajuster les positions grâce aux signaux envoyés par le cerveau et les réflexes posturaux qui garantissent une réception stable.

• Les réflexes au système nerveux : Les réflexes myotatiques, (réponses automatiques qui se produisent sans intervention consciente). Lors de l'atterrissage, lorsque les muscles sont étirés sous l'impact, des récepteurs sensoriels appelés fuseaux neuromusculaires détectent l'étirement et envoient immédiatement un signal à la moelle épinière. Cette dernière réagit en envoyant un signal moteur aux muscles pour les contracter, permettant ainsi de stabiliser le corps et d'éviter de se déséquilibrer.

• Rôle du SNA : Le SNA intervient également pour gérer l'impact en ajustant la contraction des muscles afin de réduire les risques de blessures, et il ajuste la respiration pour faire face à la tension de l'atterrissage.

• Neurones moteurs : Lors du contact avec le sol, les neurones moteurs transmettent des signaux pour ajuster les muscles des jambes et du tronc. Ils régulent également la flexion des articulations pour amortir le choc et éviter les blessures.

Une fois l'atterrissage effectué, le corps subit un impact important. Pour absorber cet impact et éviter de se déséquilibrer, les genoux vont naturellement se plier, adoptant une position similaire à celle de la chaise. Cela permet d'amortir le choc en répartissant la force de l'impact sur les muscles et les articulations. Cette flexion est

contrôlée par des réflexes myotatiques, où les fuseaux neuromusculaires détectent l'étirement des muscles des jambes et transmettent un signal à la moelle épinière. Celle-ci envoie des signaux aux muscles pour les contracter, en particulier aux quadriceps, ischio-jambiers et muscles fessiers, afin de maintenir cette position stable. Les muscles de la ceinture pelvienne et des jambes se contractent de manière coordonnée, ce qui permet de réduire l'impact des forces et d'assurer l'équilibre du corps.

Une fois que la gymnaste a stabilisé son corps dans cette position, elle va progressivement se redresser en tendant ses jambes et en allongeant son tronc. Cette phase finale est cruciale pour la finition du mouvement, et elle est souvent suivie par un geste technique : lever les bras au-dessus de la tête. Ce geste est non seulement un signe d'achèvement et de contrôle du mouvement, mais il joue également un rôle dans le maintien de l'équilibre. En élevant les bras, la gymnaste modifie son centre de gravité et stabilise son corps, ce qui est crucial pour garder une position verticale après l'atterrissage. Cette technique active les muscles du tronc, particulièrement les muscles stabilisateurs du dos et de l'abdomen, pour éviter une chute en avant ou en arrière.

Analyse finale

En somme, à travers l'exécution d'un salto, on peut voir que le système nerveux est essentiel non seulement pour la coordination des mouvements, mais aussi pour la gestion des réflexes automatiques qui protègent le corps contre les blessures. Le temps de réaction, la coordination musculaire et l'adaptation au stress physique sont autant d'éléments déterminants pour la performance d'une gymnaste d'élite, et ce travail démontre que la maîtrise du système nerveux est indispensable à une exécution parfaite de gestes complexes.

6. Conclusions

Ce travail m'a permis de répondre à la question suivante : Dans quelle mesure le système nerveux influence-t-il la performance physique d'une gymnaste d'élite ? En étudiant en détail la structure et le fonctionnement du système nerveux, il apparaît clairement que ce dernier joue un rôle central et indispensable dans la performance sportive de haut niveau. Il assure la transmission rapide et précise des messages nerveux, sans lesquels le mouvement volontaire, la coordination et l'équilibre seraient impossibles.

Le système nerveux, composé principalement des neurones et de leurs réseaux, coordonne l'ensemble des activités motrices et sensorielles du corps humain. Il permet à l'athlète d'exécuter des mouvements complexes, d'ajuster ses gestes en temps réel, et de maintenir un équilibre dynamique. Dans le cas spécifique de la gymnastique, il est sollicité à un niveau extrême, que ce soit au niveau de la planification motrice, de la gestion de l'équilibre ou de la précision du geste. Grâce à l'entraînement, le système nerveux développe de nouvelles connexions, ce qui améliore la rapidité et l'efficacité de la communication entre le cerveau et les muscles. La plasticité neuronale, c'est-à-dire la capacité du cerveau à modifier ses connexions en fonction de l'expérience, permet aux gymnastes d'apprendre de nouveaux enchaînements et de perfectionner leur technique au fil du temps.

Un exemple marquant de l'impact du système nerveux sur la performance est celui de Simone Biles lors des Jeux Olympiques de Tokyo en 2021. Elle a interrompu sa participation après avoir souffert de ce que les gymnastes appellent les « twisties », un phénomène où le cerveau perd sa capacité à guider le corps dans l'espace. Ce trouble, lié à une altération de la perception kinesthésique, c'est-à-dire la capacité du corps à sentir sa position et ses mouvements, met en lumière l'importance cruciale du lien entre cerveau et exécution motrice. Même pour une athlète aussi expérimentée, un dysfonctionnement temporaire du système nerveux peut compromettre non seulement la performance, mais aussi la sécurité.

Ainsi, pour atteindre un niveau d'élite, une gymnaste doit posséder non seulement une condition physique optimale, mais aussi un système nerveux hautement entraîné. La rapidité des réflexes, la précision des mouvements, l'adaptation constante aux situations imprévues. Tout cela dépend d'une communication efficace entre le cerveau, la moelle épinière et les muscles. La performance n'est donc pas simplement le fruit d'un corps entraîné, mais d'une communication fluide, constante et adaptative entre le système nerveux central et le système musculosquelettique.

Enfin, comprendre en profondeur ces mécanismes permet non seulement d'optimiser l'entraînement, mais aussi de mieux prévenir les blessures et d'améliorer la rééducation. Comprendre les fondements neurologiques de la performance sportive, c'est aussi ouvrir la voie à des méthodes d'entraînement plus précises et plus individualisées.

Comprendre pleinement l'influence du système nerveux sur la performance sportive reste un défi, mais les avancées en neurosciences laissent entrevoir de nouvelles perspectives pour l'optimisation du potentiel humain.

Ce travail m'a permis de découvrir à quel point le système nerveux est bien plus qu'un simple relais entre le cerveau et les muscles. J'ai compris que chaque geste, chaque équilibre tenu, chaque mouvement parfaitement exécuté par une gymnaste d'élite est le fruit d'une coordination extrêmement fine entre les neurones, les réflexes et l'apprentissage moteur. Ce qui m'a particulièrement marqué, c'est la notion de plasticité neuronale : le fait que le cerveau puisse se réorganiser et s'adapter grâce à l'entraînement intensif. Cela m'a fait prendre conscience que la performance physique ne dépend pas uniquement de la force ou de la souplesse, mais aussi d'un entraînement mental et neurologique constant. En somme, j'ai réalisé que le corps et l'esprit sont indispensable dans la quête de l'excellence sportive.

6.1 Sources

- Cornet, Michèle. Biologie – 5e année – Sciences générales. Éditions Van In.

Pages utilisées : 59–75, 85–113, 119–133.

- Cornet, Michèle. Biologie – 4e année – Sciences générales. Éditions Van In.

Page utilisée : 56.

- DK. The Concise Human Body Book: An Illustrated Guide to its Structure, Function, and Disorders. Dorling Kindersley, 2016.

Pages utilisées : 76–87.

- Collectif. Le Grand Larousse du Corps Humain. Éditions Larousse, 2017.

Pages utilisées : 82–93, 96–98, 100–101.

- Ashwell, Ken. Les Bases de l'Anatomie en 70 Notions Illustrées. Éditions Dunod, 2015.

Pages utilisées : 76–79, 82, 86–87, 92–95, 104–105.

7. Index

A
Axones *6*

B

C
Cellules de Schwann *6*
Cervelet *21*
Cytoplasme *6*

D
Dendrites *6*

E

F
Fibre nerveuse *5*

G
Ganglion *16*
Gliales *12*

H

I
Interneurone *14*
Ions *7*

J

K

L
Le système nerveux *3*
Le système autonome *4*
Le système nerveux centrale *4*
Le système nerveux périphérique *4*

M
Monosynaptique *13*
Muscles lisses *5*
Muscles squelettiques *19*
Musculosquelettique *32*

N
Nerf *3*
Nerf rachidien *16*
Neurone *5*
Neurone bipolaire *10*
Neurone multipolaire *11*
Neurone unipolaire *11*
Noeud de Ranvier *9*

O

P
Parasympathique *4*
Pré-synaptique *7*
Post-synaptique *7*
Polysynaptique *13*
Potentiel d'action *7*
Potentiel de repos *7*

Q

R
Réflexe acquis *19*
Réflexe inné *19*
Réflexe *13*
monosynaptique *13*
Réflexe myotatique *15*
Réflexe polysynaptique *18*
Réflexe rotulien *15*
Réflexe vestibulaire *29*

S
Stimulus *9*
Substance grise *14*
Substance blanche *14*
Synapses *5*
Sympathique *4*

T

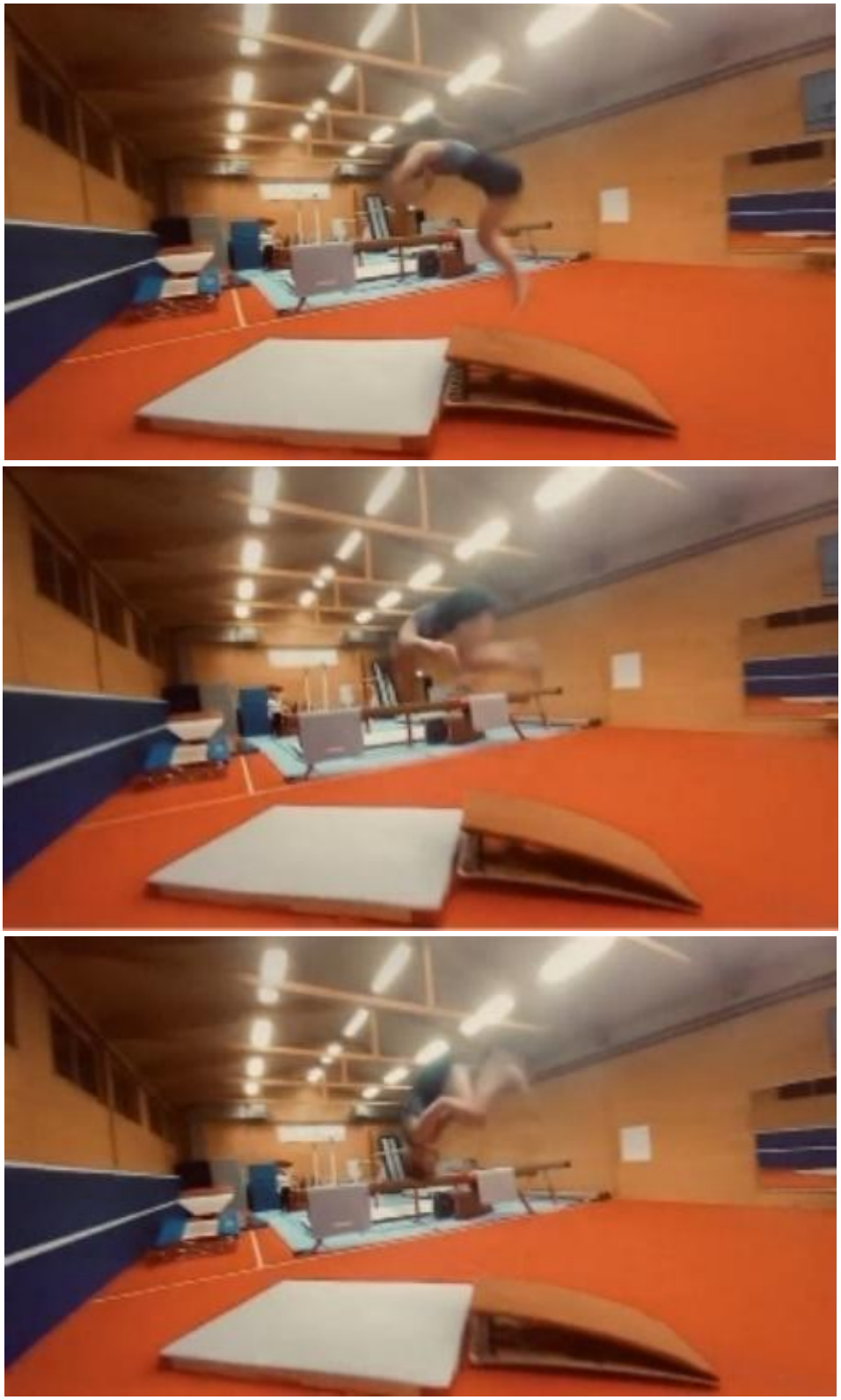
U

V

W

X

Y

Z

7.1 Annexes