

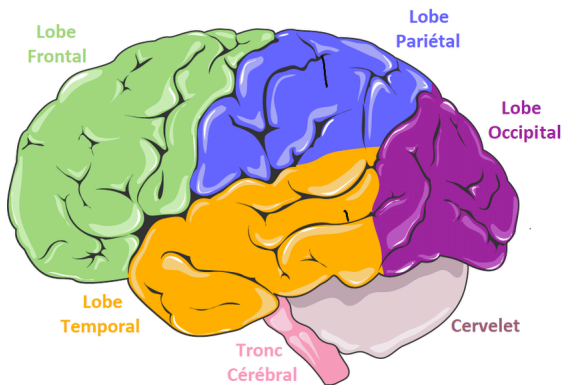
**UE 20 Système neurosensoriel et psychiatrie****ENSEIGNANT : Pr. Seizeur****DATE : 10/09/2024****GROUPE : Groupe 3****REMARQUES :**

Description des voies anatomiques pour faire un tir à l'arc

Table des matières

I) Se préparer à tirer	2
A) Choisir de tirer	2
B) Planifier l'action	2
C) Exécution du mouvement	2
D) Proprioception	3
II) Réception et traitement des informations visuelles	3
A) Introduction	3
B) Rappel anatomique	3
III) Le trajet de la commande	4
A) Le cortex moteur	5
B) La capsule interne	
C) Tronc cérébral	6
D) La moelle spinale	7
IV) L'exécution et le contrôle	9
A) Le cervelet	9
B. Les muscles mobilisés	10
C) La coordination	12
D) Le système extrapyramidal	12

Faire du tir à l'arc mobilise de nombreuses parties de notre système nerveux. En effet, il faut coordonner notre vision, notre attention ainsi que les mouvements de notre corps et de nos yeux. Ainsi, les informations visuelles recueillies sont traitées dans différents lobes du cerveau pour permettre notamment la reconnaissance des différents éléments et les mouvements nécessaires à effectuer le geste.



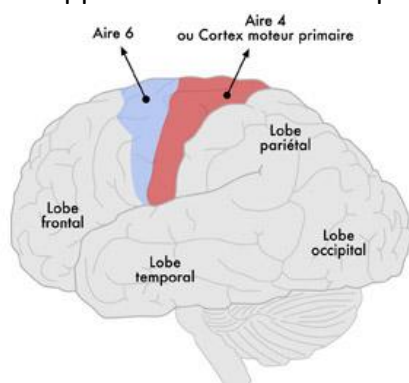
I) Se préparer à tirer

<https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/l-arc-reflexe-et-l-acte-volontaire-s1055>

<https://www.frcneurodon.org/comprendre-le-cerveau/a-la-decouverte-du-cerveau/le-corps-et-les-mouvements/#::~:~:text=Ces%20trois%20op%C3%A9rations%20n%C3%A9cessaires%20a%20la%20conduite%20de%20l'action.>

Contrairement aux mouvements réflexes qui sont commandés par la moelle épinière, les mouvements volontaires sont régis au niveau supérieur.

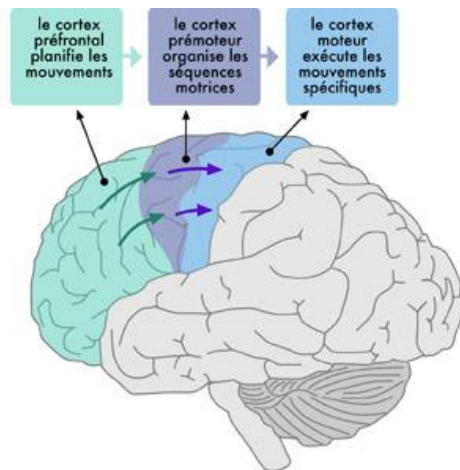
Le contrôle des mouvements volontaires se réfère au cortex moteur, situé dans le lobe frontal. Ce cortex moteur se subdivise en deux grandes zones, « l'aire 6 » et « l'aire 4 », autrement appelée « cortex moteur primaire ».



La commande d'un mouvement tel que tirer à l'arc peut se décomposer en trois temps. En effet, avant de commencer l'acte, il faut en amont avoir choisi de l'exécuter et le planifier.

Si on décompose : premièrement, il va falloir sélectionner la réponse la plus adaptée, puis planifier la série et l'ordre des contractions musculaires pour le mener à bien et enfin exécuter au sens propre le geste.

Ces trois opérations nécessaires au déclenchement d'un mouvement volontaire sont prises en charge par trois zones distinctes du cortex : le cortex préfrontal, qui prévoit le mouvement, le cortex prémoteur, qui organise les contractions musculaires nécessaires, et le cortex moteur, exécutant le mouvement spécifique.



A) Choisir de tirer

L'étirement de la corde de l'arc est un mouvement volontaire. C'est au niveau du lobe préfrontal que le choix de faire l'action va être effectué.

B) Planifier l'action

C'est au niveau du cortex prémoteur que l'action va être organisée. Le tir à l'arc est un mouvement maîtrisé et acquis pendant les entraînements donc la mémoire du mouvement va entrer en jeu avec notamment l'intervention du cortex temporal. Il faut bien évidemment avoir connaissance visuellement de la cible pour pouvoir se repérer dans l'espace. Les voies de la vision entrent alors en jeu. Elles seront traitées par le cortex occipital.

Mais il n'y a pas de motricité sans sensibilité. En effet, comment tirer si l'on ne se repère pas au niveau corporel dans l'espace ? C'est donc au niveau du cortex pariétal que les informations seront transmises et notamment au niveau du lobule pariétal supérieur.

Ces différentes informations vont converger vers les ganglions de la base et vont jusqu'au cortex prémoteur = aire 6, en passant par le thalamus. Ainsi, c'est ce cortex prémoteur qui organise le mouvement de tir en plusieurs séquences.

C) Exécution du mouvement

Les informations sont transmises au cortex moteur et au cervelet afin d'ajuster le plan d'action au contexte de l'exécution avec un affinage des paramètres tels que l'amplitude à prévoir.

Le cortex moteur est caractérisé par sa faible intensité de stimulation nécessaire pour évoquer un mouvement. Ce seuil bas d'évocation des mouvements indique l'existence d'une voie directe allant de l'aire primaire (aire 4) aux motoneurones α du tronc cérébral et de la moelle épinière. La faible stimulation électrique corticale déclenche la contraction d'un groupe de muscles. Ainsi, le cortex moteur est le point de départ de la commande du mouvement volontaire.

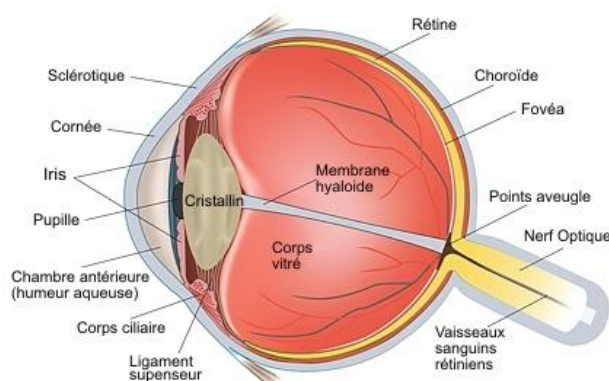
II) Réception et traitement des informations visuelles

A) Introduction

Lors de la pratique du tir à l'arc, nous observons une cible au loin que l'on essaye d'atteindre avec une flèche. Le champ visuel est l'étendue de l'espace que l'œil immobile peut embrasser. Tout point du champ visuel correspond à un point défini de la rétine. Il varie en fonction des conditions de couleurs, d'éclairage. L'information traitée dans l'aire visuelle du cortex occipital est complexe et traitée par étape.

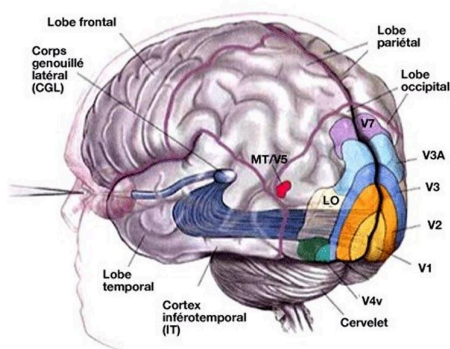
B) Rappel anatomique

L'appareil de la vision permet de recevoir, classer et analyser les informations visuelles. Le bulbe oculaire est l'organe récepteur sensoriel de la vision. Les voies optiques sont des structures nerveuses qui vont de l'œil au cortex visuel situé dans la partie postéro-inférieure du cerveau. La lumière va traverser tout d'abord la cornée puis l'humeur aqueuse, le cristallin et le corps vitré avant d'arriver dans la rétine où elle sera transformée en influx nerveux.



Le protoneurone et le deutoneurone sont situés dans la rétine. Le deutoneurone part donc de la rétine pour se poursuivre par le nerf optique, le chiasma optique, le tractus optique et se termine dans les corps géniculés latéraux (80%) ou dans les colliculus supérieurs (20%).

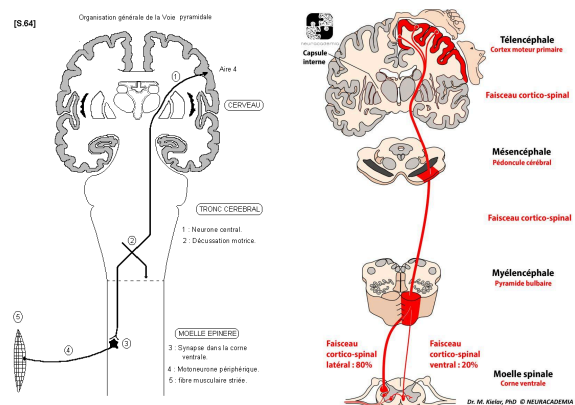
A partir des corps géniculés latéraux les radiations optiques (3ème neurones) se dirigent vers le cortex occipital où les informations visuelles sont traitées. Tandis que les informations arrivées aux colliculus supérieurs sont intégrées et transformées en informations motrices. Dans le cortex occipital on peut distinguer plus précisément différentes aires : l'aire 17 de Brodmann ou cortex primaire contenant l'aire V1, l'aire 18 contenant les aires V2, V3, V4, V5 et l'aire 19 de Brodmann. Des études menées sur le chat suggèrent que cette zone présente une sensibilité au mouvement d'objets délimités, permettant ainsi de différencier et d'accrocher visuellement un objet par rapport à la scène visuelle. On associe cette aire à l'aire visuelle frontale (aire 8) qui contrôle la motricité de l'œil associée au mouvement de la tête. Ainsi les informations arrivant au cortex primaire V1, se poursuivent ensuite vers deux voies : la voie ventrale ou occipito-temporal et la voie dorsale ou occipito-pariétal. Le flux passant par la voie ventrale part donc de V1 puis se dirige vers les aires V2 et V3 et se termine dans l'aire V4 ou cortex inféro-temporal. Cette voie transmet les informations telles que la forme, la couleur, la texture de l'objet ce qui permet la reconnaissance de l'objet. Le flux passant par la voie dorsale passe lui par V5 et V6 et se termine dans le cortex pariétal postérieur. Cette voie transmet les informations telles que la localisation de l'objet, son orientation et son mouvement.



Ainsi pour en revenir à notre cas, la voie ventrale permet de reconnaître la flèche et son environnement et la voie dorsale permet de déterminer sa localisation et ses déplacements.

III) Le trajet de la commande

Une fois que le travail de préparation du mouvement est terminé (contexte global de l'action, temporalité, première analyse sensitive, prévision de la trajectoire...), la commande du mouvement est initiée.



Le message nerveux de commande volontaire du mouvement va être créé au sein du cortex moteur. La commande volontaire emprunte la voie pyramidale (cortico-spinale) qui se connecte aux motoneurones. Ces motoneurones acheminent jusqu'aux muscles où ils vont desservir un certain nombre de fibres musculaires constituant leur unité motrice.

On la caractérise de bi-neuronale car elle comporte deux neurones :

- Un premier motoneurone central, c'est-à-dire que son corps cellulaire se situe dans le cortex moteur (pour n'importe quel muscle).
- Un deuxième motoneurone périphérique, qui se situe dans la corne antérieure de la moelle épinière.

On aura deux types de fibres selon la destination :

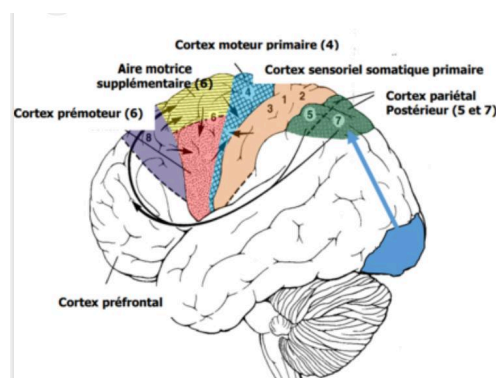
- **Cortico-nucléaires** pour la motricité céphalique. Elles passent par la capsule interne et s'arrêtent dans le TC au niveau des noyaux des nerfs crâniens, c'est là que se fait la jonction avec le 2ème motoneurone périphérique. L'axone de ce dernier cheminera dans un nerf crânien.
- **Cortico-spinales** pour le reste du corps. Elles passent par la capsule interne, puis le tronc cérébral pour descendre dans la moelle spinale (\neq fibres CN). C'est là que se fait la jonction avec le 2ème MN périphérique dont le corps cellulaire se situe dans la corne antérieure de la moelle spinale.

A) Le cortex moteur

C'est donc dans le cortex frontal, au niveau du gyrus précentral, que le premier motoneurone va initier la réponse motrice. C'est ensuite dans le cortex frontal qu'on retrouve l'aire motrice primaire, l'aire 4 de Brodmann.

Adjoint au cortex moteur primaire, on retrouve le cortex pré-moteur qui va permettre de planifier et organiser le mouvement. Ce dernier est composé de 2 zones principales :

- Le **cortex prémoteur latéral**, en avant du cortex moteur, qui va planifier et organiser le mouvement dans son ensemble mais aussi prendre en compte des informations sensorielles provenant du cortex pariétal postérieur.
- **L'aire motrice supplémentaire (AMS)** ou aire 6 de Brodmann, située en avant du cortex moteur et dans la face interne des deux hémisphères cérébraux, va intégrer, un peu comme le cortex prémoteur latéral, des stimuli sensoriels, mais aussi des informations internes (comme la mémoire) dans la préparation du mouvement et notamment des mouvements posturaux bilatéraux, c'est ce qui permet par exemple de rester en équilibre lorsqu'on s'apprête à tirer. C'est le starter de l'intention d'agir. On peut y ajouter une zone supplémentaire, qui n'est pas au sein du cortex frontal, le **cortex pariétal postérieur**, qui va intégrer cette composante sensorielle (la vision et la proprioception par exemple) à la préparation du mouvement, cette zone est aussi en contact avec le cortex préfrontal, lié à la cognition et au raisonnement.



Ainsi le mouvement prend en compte plusieurs des lobes cérébraux pour préparer le mouvement.

C'est une intégration des multiples informations des lobes cérébraux qui va donc se faire avant la réalisation et l'initiation réelle du mouvement par le cortex moteur primaire. Le cortex pariétal postérieur est le centre de réunion de toutes les informations sensorielles. On retrouve également la notion de somatotopie +++ avec le cortex moteur. C'est-à-dire que les différentes parties du corps seront représentées de manière plus ou moins importante proportionnellement à la finesse de la contraction des muscles concernés et à la densité de neurones leur étant consacrés. Car plus une partie du corps peut effectuer des mouvements fins, plus elle sera représentée de manière importante : c'est le cas de la main, du pouce et de la face. C'est ce qui va donner les Homonculus moteur, un pour chaque hémisphère cortical qui va représenter les efférences motrices de l'hémicorps controlatéral (Exemple : hémisphère droit correspond à la surface corticale dédiée à la main gauche, il y a donc décussation).

C'est donc au niveau du cortex moteur primaire (cortex frontal) que la commande nerveuse du mouvement volontaire est captée par les cellules pyramidales (ce sont un certain type de neurone, leur nom vient de la morphologie triangulaire de leur péricaryon). Les axones de ces cellules forment le faisceau pyramidal, et celui-ci se dirige vers la capsule interne. L'origine du faisceau pyramidal ne vient pas uniquement de l'aire 4 de Brodmann, mais bien de l'ensemble du cortex, notamment du cortex somato-sensoriel.

B) La capsule interne

La capsule interne est une lame de substance blanche laissant le passage aux axones des cellules neuronales issues du cortex moteur. Elle est composée de deux bras un antérieur et un postérieur et laisse passer le faisceau cortico-spinal de la motricité pyramidale (destiné à tout le corps sauf la région céphalique). Ces deux bras sont reliés par un genou qui laisse passer le faisceau cortico-nucléaire de la motricité pyramidale (d'où son nom faisceau géniculé) qui est destiné à la région céphalique. Corne antérieure : toutes les fibres qui vont se projeter au niveau du pont: fronto-pontins, occipitaux-pontins et pariétaux-pontins.

C) Le tronc cérébral

Le tronc cérébral est composé du mésencéphale, du pont et du bulbe rachidien. Ces zones sont impliquées dans la régulation des mouvements involontaires et volontaires y compris ceux nécessaires à tirer. Le mésencéphale joue un rôle dans la coordination des mouvements des muscles de la main et des bras, notamment par le biais du tractus cortico-spinal en permettant de transmettre les signaux moteurs du cortex cérébral vers la moelle épinière, tandis que le pont est impliqué dans le contrôle de la force grâce aux noyaux pontins ainsi qu'aux tractus ponto-cérébelleux. La protubérance joue également un rôle dans la précision des mouvements avec les faisceaux cortico nucléaire et cortico spinal. Le bulbe rachidien est responsable de la transmission des signaux nerveux entre le cerveau et les muscles nécessaires au tir à l'arc.

La voie pyramidale continue son trajet verticalement vers le tronc cérébral. Le faisceau cortico-nucléaire (géniculé) s'affine en descendant car il perd des fibres à chaque étage, au

niveau des noyaux des nerfs crâniens. Il s'arrête au TC car il est destiné à la région céphalique.

Cependant, si c'est pour activer les muscles du MS, le TC est simplement une voie de passage pour le faisceau cortico-spinal.

Le faisceau cortico-spinal va se trouver:

- Dans le mésencéphale au niveau des pédoncules cérébraux. On le trouvera en arrière du faisceau cortico-nucléaire.
- Au niveau du pont il est éclaté par les noyaux du pont.
- Au niveau du bulbe, Il se reconstitue pour former un relief visible à la partie antérieure du bulbe : les pyramides bulbaires.

La majorité des fibres décussent au niveau du bulbe (85%) et donnent le faisceaux cortico-spinal latéral, les autres fibres (15%) restent homolatérales et forment le faisceau corticospinal ventral, ces fibres décussent plus bas, dans la moelle spinale, au niveau des métamères. La voie est donc totalement croisée.

Une lésion au-dessus de la décussation est à l'origine d'une paralysie ipsilésionnelle, une lésion en dessous de cette décussation entraîne une paralysie contro-lésionnelle.

D) La moelle spinale

La moelle est composée de nerfs qui envoient des signaux électriques du cerveau aux muscles de la main. Ces signaux permettent aux muscles de se contracter de manière coordonnée pour contrôler le mouvement des bras et des mains au moment de tendre l'arc. Les voies de communication du tir dans la moelle comprennent les faisceaux de fibres nerveuses appelés tractus cortico-spinales. Ces tractus relient le cortex moteur du cerveau à la moelle. Plus précisément, il y a deux voies principales: le tractus cortico-spinal latéral et le tractus cortico-spinal ventral. Le tractus cortico-spinal latéral est responsable du contrôle fin des mouvements des doigts et des mains, tandis que le tractus cortico-spinal ventral est impliqué dans le contrôle des mouvements plus globaux des bras et des épaules lors du tirage. Ces voies permettent la transmission des signaux moteurs du cerveau vers les muscles des bras, permettant ainsi de tendre l'arc avec précision.

Au niveau médullaire :

- Le tractus cortico-spinal latéral (ou faisceau pyramidal croisé) chemine dans la moitié dorsale du cordon latéral.
- Le tractus corticospinal ventral (ou faisceau pyramidal direct) chemine dans le cordon ventral de la moelle. Comme on l'a dit, il n'est pas croisé au niveau du bulbe mais il va décussé aux différents étages de la moelle spinale avant de rejoindre le motoneurone controlatéral qui lui est associé.

La majorité des fibres de la voie pyramidale n'atteint les motoneurons que par l'intermédiaire d'interneurones (ex : cellules de Renshaw). Les colonnes des fléchisseurs sont dorsales, celles des extenseurs sont ventrales.

Dans la substance grise, la corne ventrale contenant les corps cellulaires des deuxièmes motoneurons est divisée en deux zones :

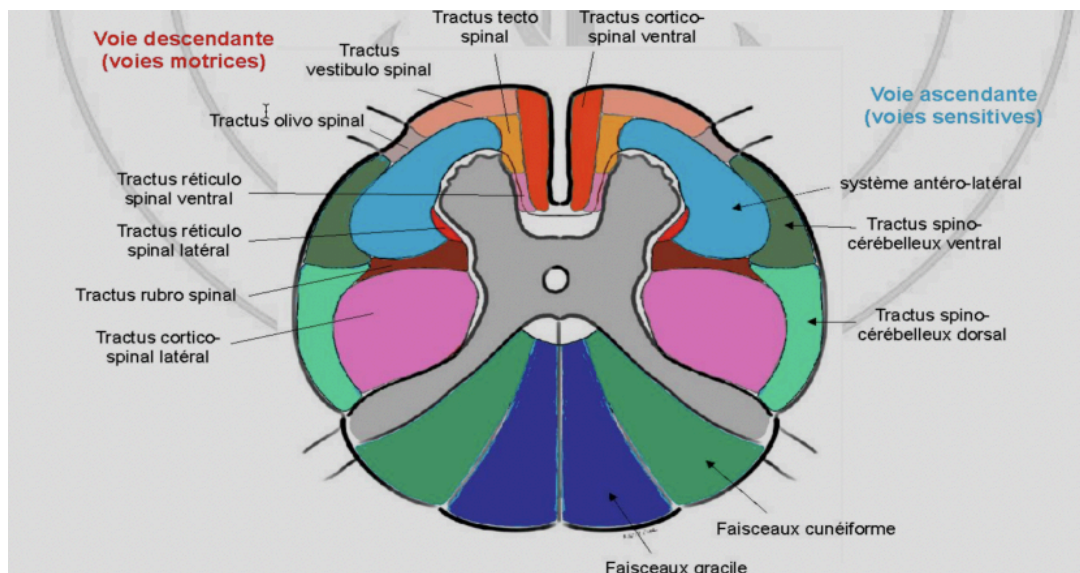
- L'apex est lié à la motricité somatique, il contient une colonne antéro-médiale destinée aux muscles du rachis et une colonne antéro-latérale destinée aux muscles striés de la paroi du tronc et ceux des membres.
- La base est liée à la motricité viscérale ou des muscles lisses (pas volontaire). A chaque étage de la moelle spinale, les fibres motrices descendantes (axone du premier neurone) se coudent à angle droit pour rejoindre le motoneurone dans la corne antérieure.

Les fibres du faisceau croisé (cortico-spinal latéral = 85% des fibres) vont se connecter aux neurones de la colonne antéro-latérale homo-latérale (muscles des parois du tronc et des membres) car elles ont déjà décussé donc elles restent du même côté. Les fibres du faisceau direct (corticospinal ventral) vont enfin finir par décusser et se connecter aux neurones contenus dans la colonne antéro-médiale contro-latérale (muscles du rachis).

Au final, toutes les fibres décussent (celles qui n'ont pas décussé au niveau du bulbe décussent au niveau du myélomère auquel elles sont destinées).

Les motoneurones périphériques naissant des colonnes antéro-latérales, se distribuent à plusieurs muscles, chaque racine spinale innerve ainsi un muscle fléchisseur, un muscle extenseur, un muscle pronateur et un muscle supinateur. C'est-à-dire, un muscle et son antagoniste par rapport à son mouvement, ici le tir.

Pour résumer, la plus grande partie du faisceau pyramidal décusse immédiatement et c'est celle qui va se retrouver à faire les gestes les plus fins avec l'extrémité distale des membres. Une autre partie va décusser à chaque étage dédiée à la racine des membres et aux muscles extenseurs (faisceau pyramidal direct). Et une petite partie reste homolatérale qui ne décussera jamais, ce qui fait qu'on serait plus habiles de la main droite si on est droitier ou de la main gauche si on est gaucher. La main dominante est innervée par les deux côtés du faisceau pyramidal. Ceci permet des mouvements d'autant plus fins et précis.

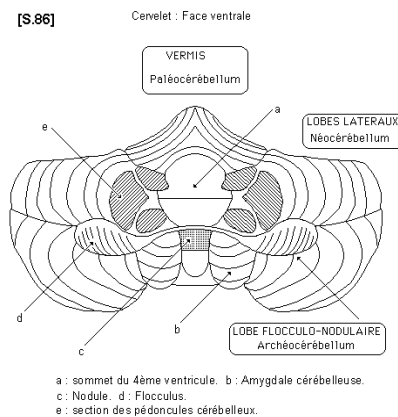


IV) L'exécution et le contrôle

A) Le cervelet

Apprentissage moteur :

Le cervelet joue un rôle majeur dans l'apprentissage et la rétention des habiletés motrices. Pour le tir à l'arc, le cervelet permettrait la correction d'erreurs en cours d'acquisition. Le cervelet joue un rôle important dans la régulation de l'adaptation posturale et des mouvements volontaires, en assurant la coordination harmonieuse des muscles agonistes et



antagonistes ce qui permet d'obtenir une certaine précision et un contrôle sur ce mouvement automatisé avec l'entraînement qu'est le tir. Ceci est possible grâce à des modifications de longue durée de l'excitabilité de certains neurones cérébelleux. Pour les droitiers, le cervelet droit joue un rôle majeur.

Sur un plan fonctionnel, il est divisé en 3 parties : l'archéocervelet et le paléocervelet qui fonctionnent sur le même mode et régulent le tonus musculaire, et le néo-cervelet qui régule le faisceau pyramidal.

Rappel:

- Archéocervelet, paléocervelet et néocervelet = description fonctionnelle du cervelet.

Archéocervelet

Il intervient dans l'équilibration de la tête ainsi que dans les mouvements conjugués de la tête (par le trapèze et le SCM innervé par le nerf XI) avec ceux des yeux (par les muscles oculomoteurs innervés par les nerfs oculomoteurs (III, IV et VI)). Le faisceau longitudinal dorsal (médial), les colliculus supérieurs, le noyau prétectal vont entrer en ligne de compte pour relier les nerfs III, IV, VI et XI. Et aussi le XII pour le caméléon, il ne peut bouger qu'un œil (il ne bouge pas la tête) pour repérer sa cible et sortir la langue pour la gober. On a exactement le même système, sauf qu'on a pas la langue qui bouge en même temps (notre langue est trop courte).

C'est une coordination automatique, quand on tourne la tête, nos yeux tournent en même temps, dans le même sens. Quand on regarde vers la droite, sur notre œil droit, on a notre muscle droit latéral qui s'étire et notre muscle droit médial qui se détend, l'inverse se passe pour l'œil gauche, c'est notre droit médial qui s'étire et le droit latéral qui se détend. Il n'y a pas de saut dans la vision, elle est bien coordonnée, pas de flou d'image quand on regarde d'un côté ou de l'autre. C'est dans l'aire 8 de Brodmann dans le cortex préfrontal, que l'on va coordonner les impressions visuelles venant du cortex occipital.

Il reçoit des afférences vestibulaires, mais aussi proprioceptives et cutanées; son action s'exerce sur les noyaux vestibulaires et sur la substance réticulée bulbo-pontique.

Il contrôle les mécanismes de la station érigée.

Paléocervelet

Il intervient dans la proprioception et dans la statique (rester debout avec un tonus). Il passe dans le noyau rouge, qui intervient dans le réflexe de redressement, de l'extension de la tête et l'adaptation posturale.

Néocervelet

Il correspond à la voie cortico-cérébelleuse, assurant le contrôle de la coordination de l'information sensitive vestibulaire et proprioceptive. Il assure la coordination motrice des membres, responsable de l'organisation temporelle du mouvement.

Il a pour rôle de corriger les erreurs de mouvements en comparant les commandes motrices prévues et émises par le cortex et le tronc cérébral avec les messages sensoriels issus de la périphérie et relatifs aux mouvements qui sont effectivement exécutés. S'il y a discordance, le système cérébelleux émet des signaux de correction vers le système moteur pour augmenter ou diminuer l'activation de certains groupes musculaires.

Relais :

- 2 faisceaux, temporal et frontal, partent du cortex cérébral pour rejoindre les noyaux du pont
- Le 2ème neurone traverse la ligne médiane constituant les fibres arciformes pour passer par le pédicule moyen et gagner le cortex néo-cérébelleux
- Relai dans le noyau dentelé d'où part un faisceau dentalo-rubro-thalamique qui peut emprunter 2 trajets :
 - Le noyau rouge (a un faisceau ascendant et un descendant) pour aller vers le thalamus et le cortex cérébral
 - L'olive bulbaire pour aller vers la moelle
 - C'est la boucle ouverte, olivo-spinale, celle de l'urgence. Ce mouvement était automatique.

B) Les muscles mobilisés

L'exécution met en œuvre la commande planifiée et programmée par des muscles dit : agonistes, antagonistes et synergiques.

Cette organisation prend le nom de configuration triphasique de la contraction musculaire du fait que l'on retrouve trois catégories de muscles.

Pour le tir, les muscles agonistes et antagonistes ne sont pas les mêmes sur les deux bras.

Muscles agonistes du bras qui tire :

- Sont principalement, le biceps brachial dans le plan superficiel du bras ainsi que le brachial dans le plan profond. Ils sont responsables de la supination de l'avant bras. Il y a également les muscles fléchisseurs des doigts et les muscles fléchisseurs du poignet. Ils sont responsables de la flexion des doigts et du poignet pour tenir la flèche pour effectuer les mouvements de tir.

Muscles antagonistes du bras qui tire :

- Sont le muscle triceps brachial, responsable de l'extension du coude. Les muscles extenseurs des doigts et les muscles extenseurs du poignet. Ils s'opposent aux muscles agonistes en permettant la détente et la rétraction des doigts et du poignet lorsque cela est nécessaire.

Muscles agonistes du bras qui tend l'arc :

- Principalement le triceps brachial permettant l'extension du coude. Les muscles fléchisseurs des doigts et fléchisseurs du poignet permettent le maintien de l'arc.

Muscles antagonistes du bras qui tend l'arc :

- Principalement le biceps brachial dans le plan superficiel du bras ainsi que le brachial dans le plan profond. Il y a également les muscles extenseurs des doigts et les muscles extenseurs du poignet.

Muscles synergiques :

- Plusieurs groupes musculaires agissent en tant que synergistes pour aider à maintenir la stabilité de l'épaule, du coude et du poignet, ce qui permet un contrôle précis de la main pendant le tir. Par exemple, les muscles de l'épaule, les muscles du bras et les muscles du tronc agissent en tant que synergistes pour soutenir le mouvement.

Lors du tir, plusieurs mouvements musculaires sont impliqués. Ces mouvements sont principalement associés à l'activation des muscles de l'épaule, du bras, du coude, du poignet et des doigts. Voici une description des principaux mouvements musculaires impliqués :

Mouvements de l'épaule :

- Abduction de l'épaule : Les deux bras, le bras tenant l'arc ainsi que le bras tendant la flèche sont en abduction pour le mouvement, ex: le deltoïde, sont sollicités pour effectuer ce mouvement.

Mouvements du bras :

- Flexion du bras : Les muscles fléchisseurs, comme le biceps brachial, sont activés lors de ce mouvement.
- Extension du bras : Les muscles extenseurs du bras, comme le triceps brachial, sont impliqués.

Mouvements du coude :

- Flexion du coude : La flexion du coude est essentielle pour tenir la flèche. Les muscles fléchisseurs de l'avant-bras, ex: le brachial et le fléchisseur radial du carpe, sont sollicités.

Mouvements du poignet :

- Flexion du poignet : Les muscles fléchisseurs du poignet sont notamment impliqués pour également tenir la flèche ainsi que l'arc.

Mouvements des doigts :

- Flexion des doigts : Les muscles fléchisseurs des doigts sont également activés pour tenir la flèche ainsi que l'arc.

Mouvements de la main :

- Supination et pronation de l'avant-bras : Les muscles responsables de la supination (rotation vers l'extérieur) et de la pronation (rotation vers l'intérieur) de l'avant-bras sont sollicités.

Stabilisation musculaire :

- Maintien de la posture : Les muscles du tronc et des épaules jouent un rôle important dans le maintien de la posture tout en tirant.

Comment tout cela fonctionne-t-il ?

Les afférences arrivant du cortex préfrontal et cortex pré-moteur vers le striatum constituent la voie d'entrée. On a le pallidum interne et la pars reticulata de la substance noire qui exercent une activité tonique inhibitrice du mouvement sur le cortex par l'intermédiaire du thalamus.

A partir de la porte d'entrée, on a deux voies : une voie directe et une voie indirecte. Ces deux voies se compensent pour moduler le mouvement. Lorsque l'on planifie une action, on va inhiber certains comportements moteurs. Ces mouvements musculaires travaillent en coordination pour permettre un tir fluide et précis sur la cible. Il est important de maintenir une bonne posture et d'éviter une tension excessive dans les muscles pour prévenir la fatigue et les douleurs musculaires lors de séances prolongées.

Lors du tir, des mouvements de pointage (viser avec précision au niveau de la cible qui est le support) et de force (face aux vent) sont requis. Ces mouvements seront perfectionnés par l'entraînement et deviendront de plus en plus précis et fluides.

C) La coordination

L'exécution coordonne l'activation des agonistes et l'inhibition des antagonistes. Au cours de mouvements plus rapides, les muscles antagonistes jouent un rôle modérateur sur l'action des agonistes. Ils participent au contrôle de la vitesse, de l'amplitude et de la précision du mouvement engendrées par les muscles agonistes.

Les antagonistes (ayant été étirés par la contraction des agonistes) freinent leur action en fin d'exécution grâce au réflexe myotatique. Ce réflexe peut être mis en évidence par des percussions sur les tendons déclenchant une réaction réflexe propre.

Associée au thalamus, la voie extra-pyramidale via les noyaux gris centraux occupe ce rôle de coordination involontaire dans l'accompagnement des mouvements fins +/- lents. Ils sont responsables de l'élaboration, la mise en jeu et le contrôle de schémas moteurs complexes spatio-temporels.

Ici, tout au long des divers mouvements du tir, les muscles vont se coordonner et contrebalancer l'action des uns et des autres.

D) Le système extrapyramidal

La grande différence entre la motricité pyramidale et la motricité extrapyramidale est l'origine :

- La motricité pyramidale vient du cortex
- La motricité extrapyramidale vient de noyaux sous corticaux avec :
 - Les ganglions de la base qui sont les noyaux gris centraux (noyaux caudé, lenticulaire, sous thalamique et substance noire) et le thalamus
 - Les noyaux du tronc cérébral (noyau rouge, la réticulée, le colliculus supérieur, le colliculus inférieur, l'olive bulbaire)

Ces faisceaux multiples, vont tous se regrouper au niveau de la moelle spinale autour de l'apex de la corne ventrale (au niveau de la colonne antéro-médiale dédiée aux muscles axiaux, soit au niveau de la colonne antéro-latérale pour la paroi du tronc et les membres). Ces faisceaux iront du tronc cérébral vers la moelle spinale pour atteindre les nerfs moteurs. Le faisceau extrapyramidal se trouve en avant de la corne ventrale. Il existe une voie finale commune à la motricité pyramidale et extra-pyramidale qui correspond au neurone périphérique nommé la voie de Sherrington.

La motricité extra-pyramidale à 3 fonctions :

- **Gérer la motricité réflexe**
- **Gérer la motricité semi-automatique**
- **Accompagner l'ensemble des mouvements fins et volontaires de la motricité pyramidale**

Les noyaux du tronc cérébral

Ils sont sous la dépendance des noyaux striés dont ils reçoivent des influx descendants.

Sur cette vue latérale du tronc en coupe sagittale, on place :

- Les colliculus supérieur et inférieur qui forment le tectum
- Le noyau rouge
- Sur la ligne médiale, on observe une grande coulée de fibres et de cellules qui forme la réticulée (ou formation réticulaire)
- Les noyaux du pont
- L'olive bulbaire

Les faisceaux qui naissent de ces noyaux vont prendre le nom de ces noyaux en question :

- Faisceau olivo-spinal, qui décusse peu après avoir quitté l'olive bulbaire
- Faisceau tecto-spinal, qui décusse et finit dans l'apex de la corne ventrale
- Faisceaux réticulo-spinaux antérieur et postérieur
- Faisceau rubro-spinal, qui naît du noyau rouge
- Faisceaux vestibulo-spinaux médial et latéral

Tous ces faisceaux décussent aux niveaux supérieurs, et se terminent dans les noyaux des apex des cornes ventrales de la moelle épinière : colonne antéro-latérale et antéro-médiale (voie finale commune).

Les ganglions de la base

Le système extra-pyramidal passe également par le thalamus et les noyaux gris centraux du cerveau ; noyaux dans la substance blanche du cerveau et dissociés par les fibres blanches (comme la capsule interne).

Les ganglions de la base ont un rôle de régulation des mouvements par un fonctionnement en boucle cortico-sous-cortico-cortical (part du cortex vers les NGC puis revient au cortex). Dans le tir, les muscles sollicités sont très nombreux et alternent entre eux très souvent et rapidement (tir, puis relâchement), il y a un changement de mouvement en permanence et on a besoin de s'adapter. Le striatum va permettre ces changements rapides et complexes. De plus, l'apprentissage passe par les NGC, il y a la mémorisation de cette rapidité qu'il faut avoir.

Il y a quatre grands noyaux gris centraux (sur le plan anatomique) :

- Le noyau caudé
- Le système du noyau lenticulaire : composé du putamen et du pallidum (le pallidum est composé d'une partie interne et d'une partie externe)
- Le noyau sous thalamique.
- La substance noire qui a deux parties : la pars compacta et la pars reticulata.

Il faut voir le noyau sous-thalamique et la substance noire (Pc) comme « du contrôle du contrôle ».

Le thalamus, ne fait pas partie des noyaux gris centraux mais y est souvent associé car il est un relais dans le circuit des noyaux gris centraux. Il renvoie après au cortex en faisant la synthèse de toutes les infos reçues (que ce soit sensitif ou sensoriel auxquels s'ajoutent les infos provenant des NGC).

Sur le plan fonctionnel, on regroupe noyau caudé et putamen sous le nom de striatum, car sur le plan du circuit ils ont la même fonction. Donc, au niveau fonctionnel, on a :

- Le striatum : zone d'entrée, de réception des projections corticales sur le circuit des noyaux gris centraux, voie d'entrée du circuit.
- Le pallidum interne et la pars reticulata de la substance noire, voies de sortie de ce système.
- Le thalamus qui envoie des influx de sensibilité proprioceptive inconscients au striatum (centre récepteur) et module la planification du mouvement par ses efférences vers le cortex.

Ainsi, on a :

- Les voies afférentes :

Le striatum est donc le centre récepteur du système des noyaux gris centraux, recevant des influx :

- Du cortex
- De la substance noire pars compacta : la fonction du striatum va être modulée par la sécrétion de dopamine par la substance noire pars compacta qui, en fonction des récepteurs dans le striatum, va avoir une action inhibitrice ou facilitatrice sur celui-ci, puis sur les voies efférentes.
- Du thalamus

- Les voies efférentes :

Le pallidum interne et la pars reticulata de la substance noire sont les centres émetteurs du système des noyaux gris centraux vers le thalamus qui va lui-même transmettre des influx nerveux au cortex.

Elles vont avoir 2 rôles :

 - Régulent le tonus musculaire, elles exercent une activité tonique inhibitrice du mouvement.
 - Commandent les mouvements automatiques et semi-automatiques (en particulier l'initiation de ce mouvement et en stimuler d'autres afin d'effectuer le geste que l'on a pensé. Ce circuit est modulé par la dopamine (sécrétée par la pars compacta de la substance noire) qui permet la planification et l'exécution du mouvement souhaité.

- Voie directe : Action facilitatrice du mouvement
 - Le striatum (innervé par les fibres inhibitrices de la pars compacta) inhibe le pallidum interne et la pars reticulata de la substance noire. Or le pallidum interne et la pars reticulata ont une action inhibitrice du mouvement. Ainsi il y a inhibition de l'activité inhibitrice et donc facilitation du mouvement. Ce processus de désinhibition est un concept important de fonctionnement des noyaux gris centraux et est indispensable à l'élaboration du mouvement.

- Voie indirecte : Action inhibitrice du mouvement
 - Voie parallèle à la voie directe avec une étape supplémentaire impliquant le pallidum externe puis le noyau subthalamique (NST).
 - Dans cette voie le striatum émet des projections GABAergiques inhibitrices vers le pallidum externe qui envoie les mêmes projections vers le NST. Présence ici de 2 neurones inhibiteurs en série. S'il y a inhibition des neurones GABAergiques du pallidum externe alors les neurones striato-pallidaux désinhibent les neurones glutamatergiques du NST. Ainsi, via des projections glutamatergiques excitatrices sur le pallidum interne et sur la pars reticulata les neurones sous-thalamiques renforcent l'inhibition tonique que les structures de sortie des noyaux gris centraux exercent sur leur cible. Cette voie permet la suppression des mouvements inappropriés. C'est par ces 2 voies qu'est modulé le circuit interne des NGC, via les informations motrices en provenance du cortex et en direction du striatum. Ces informations sont ensuite soit inhibées, soit promues par l'intermédiaire du pallidum et de la substance noire afin de bien effectuer le mouvement initialement souhaité.

- NGC modulent l'action en sélectionnant les étapes qui sont :
 - Facilitation des plans moteurs et cognitifs pertinents
 - Inhibition des mouvements non appropriés et des interférences de la pensée.

- NGC tiennent un rôle important dans l'apprentissage et la mémoire des comportements complexes pour parvenir à une automatisation des tâches, dans la mémoire procédurale

Les efférences de ces circuits se projettent notamment sur le colliculus supérieur via un faisceau tectospinal. La pars reticulata de la substance noire se projette sur le colliculus supérieur et agit sur la moelle par le faisceau tectospinal (par l'intermédiaire du colliculus supérieur). Après ça, de nombreux faisceaux se projettent sur la réticulée, plus précisément sur un noyau de la réticulée appelé le noyau tegmental pédonculopontin. La réticulée donne ensuite les faisceaux réticulo spinaux. Mais l'efférence principale reste celle qui provient du cortex : le faisceau pyramidal ou les tractus cortico-spinaux. Ainsi, tous ces circuits qui sont en boucle vont moduler ces faisceaux corticospinaux et c'est comme ça que l'on va avoir une résultante d'action.

E. L'harmonisation

Le réseau du cervelet intermédiaire et le thalamus contrôlent le mouvement en cours d'exécution via les retours sensitif et proprioceptifs envoyés par les récepteurs du tact et des muscles mobilisés.

Aussi, lorsque le déséquilibre agoniste/antagoniste autour d'une articulation est trop important, le système nerveux pourra réfréner l'action du muscle le plus fort pour éviter d'éventuelles blessures et des mouvements incorrects.

Le cervelet occupe ce rôle d'harmonisation au cours de l'exécution. Il va recevoir les informations sensorielles des divers organes des sens pour un ajustement fin du geste dans l'espace et le temps, afin d'éviter des mouvements trop brusques, trop doux, en retard...

Conclusion

Pour conclure, le tir à l'arc recrute tout d'abord l'information dans les voies visuelles, qui recrutent dans le cortex occipital différentes aires permettant d'avoir des informations sur la localisation de la cible.

Ensuite, les commandes motrices sont initiées empruntant les voies pyramidales se connectant aux motoneurones, permettant le recrutement des muscles extenseurs et fléchisseurs des bras, des poignets ou encore du coude, permettant alors l'exécution de l'action.

Remarques Seizeur :



se concentrer sur le déroulé

UN tir à l'arc (pas de répétition)

vrai droitier avec oeil directeur à droite et main droite (≠ faux droitier)

proprioception : poids et disposition de l'arc et de la flèche

cible : organisation entre la main qui va actionner l'arc, et l'oeil directeur qui va regarder à la fois la flèche mais également la cible : il faut que ça soit en cohérence /!\

équilibre gérer par le spino-cervelet :

- la statique du corps et équilibre du MS

vision : mettre la rétine

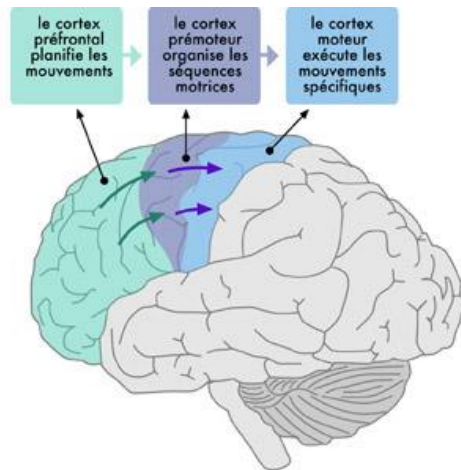
bien d'avoir parlé des 2 voies : dorsale et ventrale (elles permettent de décrire l'objet et son environnement)

pas trop parlé des faisceaux intra-hémisphérique

oublié de parler de :

reconnaissance visuelle qui se passe dans le lobe frontal qui passe par les faisceaux intra-hémisphérique qui vont porter cette information pour la faire analyser dans le lobe frontal

reconnaissance visuelle : faisceau longitudinal inférieur ++



vert : frontal antérieur => reconnaissance de l'environnement + déterminer ce qu'on va faire

violet : organisation et séquençage du mouvement lui même

aire 8 : coordination entre ce qu'on voit et la décision des mouvements visuels

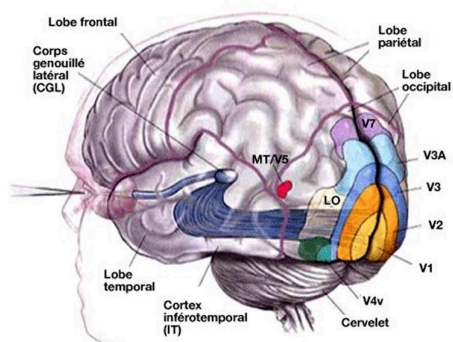
bleu : mouvement effectif (exécution à proprement dite) => aire 4 (aire motrice primaire)

!/ ne pas confondre vision (influx lumineux sur la rétine...) et oculomotricité (coordination)

entre l'organisation et la planification vont être mis en action le cervelet et les noyaux

synthèse (du mouvement) se fait (juste avant l'exécution par l'aire 4) par l'aire motrice supplémentaire qui va donner l'ordre à l'aire 4

expliquer les muscles sous l'angle de la neuroanatomie (répartition en damier fonctionnel : plusieurs cylindres avec un qui s'occupe des agonistes, un autre des antagonistes..)



une flèche vers le lobe pariétal (voie dorsale) et une vers le lobe frontal (voie ventrale)

intro : faire un déroulé très global du début à la fin (les schémas sont pas les mieux choisis)

parler aussi de l'environnement : regarder ce qu'il y a autour (pas de personne derriere la cible..) => organisation de L'ACTION qui va être faite

Manque de parler droite-gauche, partie sur l'organisation de la position