

DEFINITIONS DES MOUVEMENTS

L'ostéopathe, qui se veut être un spécialiste du mouvement en restituant la mobilité des structures qu'il traite quotidiennement, se doit de posséder la terminologie adéquate.

Dans un dictionnaire, il existe de nombreuses définitions du mouvement. Chaque profession a sa ou ses définitions relatives au mouvement. En ostéopathie on peut définir le mouvement humain de 3 façons différentes mais complémentaires (selon J.-J. Papassin DO, MROF)).

1^{er} étage : LA MOTRICITE :

Notion neurologique et myosquelettique, c'est l'utilisation volontaire des paramètres, des facteurs du mouvement (il s'agit alors des mouvements majeurs de la biomécanique classique (p.ex. flexion- extension de genou)). A l'intérieur de la motricité, certains mouvements sont involontaires (qualifiés d'accessoires ou mineurs (p.ex. rotations internes ou externes, adduction, abduction dans un genou)).

La motricité permet donc la vie de relation (interaction de l'organisme avec l'environnement extérieur et ses stimuli).

2^{ème} étage : LA MOBILITE :

C'est un mouvement relatif entre 2 structures. Son paramètre principal est le glissement. Il existe des plans de glissement par le biais des tissus conjonctifs. Le tissu conjonctif est le « squelette du mouvement », c'est un lien mécanique (il est parfois difficile de mobiliser une région sans faire participer une autre. Il existe différentes densités ou rigidités des tissus conjonctifs (du + solide au + lâche) ainsi que différents plans de glissements :

- ostéo-articulaire
- musculaires
- musculo-aponévrotiques
- aponévro-cutané (peau)

Avec l'âge, la densité des tissus conjonctifs change (-> augmente). Toute contrainte mécanique modifie son environnement conjonctif. Au niveau du vivant, l'entropie (permet d'évaluer la dégradation de l'énergie d'un système (l'entropie qualifie le degré de désordre)) correspond à la rigidité, à la fibrose (la vie va vers l'entropie. Le fait de vivre (métabolisme) va vers l'acidose dont le tampon principal est l'hydrolyse (=> tout au long de la vie on perd de l'eau et l'on s'acidifie).

Par glissement (plèvres, scissures, péricarde, péritoine...) les structures viscérales du thorax et de l'abdomen vont bouger les unes par rapport aux autres.

3^{ème} étage : LA MOTILITE :

C'est la déformation (changement de forme et de volume d'une structure) cellulaire spontanée. Les horloges biochimiques qui règlent le métabolisme cellulaire se traduisent par un gonflement / dégonflement de chaque cellule. La motilité est ce qu'il y a de moins coûteux dans le mouvement (si on se déforme, on ne dérange personne) mais c'est aussi le paramètre qui disparaît le plus rapidement en cas de conflit / de souffrance tissulaire.

Cette dernière notion est négligée dans le milieu médical allopathique, bien que soutenue par certaines recherches de pointe en physiologie cellulaire [8].

La perception du MRP (mouvement respiratoire primaire), chère aux ostéopathes pourrait s'expliquer comme étant la perception d'un tel métabolisme cellulaire s'installant partout. Il serait constitué de deux phases, l'une d'expansion (anabolique) l'autre de récession (catabolique). Pendant ce processus métabolique, les tissus, et le contenu de chaque cellule

(cytosol), changeraient leur viscosité, la vie s'exprimant au travers de processus biochimiques cycliques (horloges biologiques : passage de l'état de sol à celui de gel et réciproquement). Il en résulterait des transformations énergétiques : $E_{\text{électrique}} \rightarrow E_{\text{hydraulique}} \rightarrow E_{\text{mécanique}}$. Cette dernière, c'est à dire la manifestation mécanique de ces variations énergétiques serait perceptible aux mains de l'ostéopathe entraîné. Ceci permettrait d'expliquer la notion de mouvement (primaire), respectivement motilité si controversée, tant dans le milieu ostéopathique que médical. Notons qu'il existe d'autres modèles explicatifs relatifs à cette notion de MRP, motilité [4].

Signalons que la démonstration de l'existence ou non d'une telle motilité, ainsi que de son mode explicatif n'est pas notre propos dans le cadre de cette recherche. **De plus, lorsque nous parlerons de mouvement, c'est la notion de motricité que nous invoquerons.**

LA MOTRICITE

Généralités

C'est donc à partir de stimulations nerveuses entraînant des contractions musculaires que le mouvement, respectivement la motricité est possible. La force de contraction d'une fibre musculaire est fonction d'un certain nombre de facteurs dont le type de fibre (phasiques ou pâles à métabolisme glycolytique anaérobie, rapidement fatigables par opposition aux fibres toniques ou rouges à métabolisme oxydatif présentant une bonne résistance à la fatigue), les réserves énergétiques, la fatigue, l'oxygénation locale, la température, l'irrigation sanguine, son allongement préalable.

D'où partent les stimulations à l'origine des contractions musculaires ?

Du cortex moteur (frontale ascendante), bien sûr, mais il existe également des stimulations d'origine sous-corticale et médullaire (l'expérimentation animale a montré, après déconnexion des liaisons cortico-médullaires, qu'il existe dans la moelle épinière des générateurs rythmiques). Il semblerait que la commande motrice (aire primaire, secondaire et supplémentaire) se comporte comme un invariant géré par la préparation du mouvement avant exécution de ce dernier, et que la zone frontale gauche semble abriter le centre organisateur cortical (ou pour le moins en être un élément important).

A partir d'une décision motrice corticale, la réalisation du mouvement sous forme de contractions musculaires entraîne des messages sensitifs qui excitent en retour les récepteurs centraux : c'est la proprioception. Il s'agit donc d'ajustements régulés sous forme de boucles de rétroaction (feed-back). Ainsi l'étirement d'une fibre musculaire entraîne sa contraction.

Nous ne reviendrons pas en détail sur les notions de propriocepteurs d'allongement ou de tension, de motoneurones α ou γ , de boucle γ , de réflexe myotatique, de réflexe de défense. Ces dernières se retrouvent dans tous les bons traités de physiologie [5], [7], [9], [10], [11]. Signalons toutefois que si les principes de bases sont bien compris et explicités, il n'en reste pas moins une série de points obscurs et d'hypothèses qui ne sont pas encore démontrés [5]

Par exemple le rôle fonctionnel des fibres secondaires des fuseaux neuromusculaires (fibres sensitives de type II, parallèles aux fibres sensitives du type Ia) est assez mal connu en dehors du fait qu'elles semblent véhiculer une sensibilité statique (sa décharge est fonction de la longueur atteinte par le muscle). Dans les schémas courants qui expliquent la boucle gamma, l'activité des fibres secondaires est omise !

En outre, il faut signaler qu'un nombre non négligeable de fuseaux neuromusculaires est contrôlé par des motoneurones bêta (dynamiques et statiques) dits « squeletto-fusimoteurs » parce qu'ils innervent simultanément les fibres extra- et intrafusales, selon une organisation complexe dont le rôle reste très discuté. (ces derniers ne sont pas non plus représentés dans les schémas courants qui expliquent la boucle gamma !)

Enfin, les modèles explicatifs faisant intervenir la boucle gamma ne mentionnent presque jamais l'inhibition récurrente de Renshaw (les axones issus des motoneurones alpha donnent naissance à des collatérales récurrentes : celles-ci activent des interneurones, les cellules de Renshaw (glycinergiques), qui inhibent en retour les motoneurones homonymes et synergiques ainsi que d'autres neurones médullaires). Cette dernière pourrait augmenter le contraste entre neurones.

L'énumération de ces trois petits exemples montre que même si d'une manière générale les structures les plus distales, impliquant la motricité, sont sensées être celles qui sont les mieux comprises, des modèles considérés comme fiables (réflexe myotatique, boucle gamma) ne prennent pas en compte la totalité des structures impliquées. Ainsi, lorsque l'on sait qu'en se rapprochant de l'encéphale, la complexité des structures (multiplicité des voies) en cause augmente drastiquement, on s'imagine bien que toutes les informations et les modèles qui suivent, n'apporteront qu'une représentation imparfaite de la réalité. Ces difficultés ne doivent toutefois pas nous décourager.

Face à une situation qui requiert une activité motrice, l'homme doit faire preuve d'organisation et de coordination spatio-temporelles... C'est affaire d'apprentissage et d'amélioration de la performance qui impliquent la perception du lien relatif entre les stimulations sensorielles et les réponses motrices qu'elles doivent entraîner.

Une fois que la décision motrice corticale a été prise, l'activité motrice va se développer sans analyse consciente de ses différents constituants. Comme chaque fois qu'il s'agit d'un apprentissage (donc d'objectif à atteindre), il faut que l'homme ait une préconscience des résultats. Ainsi tout geste dit volontaire ne se caractérise que par la préconnaissance du but à atteindre, le reste étant affaire de coordination de réflexes, respectivement de programmes moteurs acquis lors d'apprentissages préalables (un programme moteur est un ensemble de commandes musculaires qui est structuré avant que ne commence le mouvement et qui permet que se déroule une séquence motrice sans qu'intervienne le rétrocontrôle périphérique).

Les noyaux gris centraux et leurs connexions jouent un rôle fondamental dans la transformation d'une idée abstraite en une idée motrice concrète, c'est dire leur importance dans les premières étapes de l'apprentissage moteur.

Parmi les automatismes ou réflexes qui débouchent sur un acte ou programme moteur, on distingue 3 niveaux ou étages informationnels impliqués dans la motricité :

1er étage : LA MOELLE Intervention des : - Motoneurones, Interneurones,
Fibres alpha, gamma, Ia, II, Ib
- Réflexes myotatiques et de
défense

Au delà de l'organisation médullaire, on constate la participation des étages supérieurs de l'encéphale. Ils vont permettre, depuis le tronc cérébral, la modulation du tonus musculaire et assurer l'équilibre postural, l'orientation spatiale et les mouvements stéréotypés.

Deux systèmes de rétrocontrôle ou étages participent à cette action :

2ème étage : LE PALEO-STRIE Intervention des : - Noyaux sous-opto-striés (Corps de Luys, Zona Incerta, Locus Niger et Noyau Rouge)
- Pallidum
- Réticulée
- Cervelet
- Tronc cérébral, partie sup.(mésencéphale)

Facilite la régulation des actes automatiques et du tonus musculaire par une comparaison permanente entre les stimulations reçues et les ordres donnés. Réagit 80/100ièmes de sec., avant l'intervention du néo-strié. Serait impliqué dans la gestion de la vigilance et de la fusimotricité statique.

3ème étage : LE NEO-STRIE Intervention des : - Cortex (moteur et associatif)
préfrontal
(ou NEO-CORTEX) aires pariétales et extra-
pyramidales, fibres d'association
interlobaires.
- Système Limbique (lobes frontaux)
- Striatum (Noyau caudé + Putamen)
- Thalamus

Ce second système de rétrocontrôle, cortical et sous-cortical, trie / filtre des infos nuisibles à la bonne exécution d'un mouvement et offre une possibilité de blocage des mouvements en cours. Il renvoie l'info. au 2ème étage avant que celui-ci n'active la voie extra-pyramidale). Le lien entre l'émotionnel et la motricité se fait essentiellement au niveau du néo-strié.

LE COMPORTEMENT MOTEUR

Un mouvement volontaire doit :

- Avoir une finalité
- Permettre une activité motrice adaptée à la situation et à l'environnement.

Il passe par plusieurs étapes :

- Une étape de mise en forme du projet (stratégie)
(paramétrage)
- Une étape d'exécution de ce dernier. (exécution)

Etape de mise en forme du projet moteur (où, quand, comment ?)

- a) définition du but de l'action... (stratégie)
- b) sélection des programmes moteurs... (paramétrage)
- c) sélect. des progr. nécessaires à l'évaluation du résultat de l'action... (paramétrage)

Le profil de cette étape va être modifié par l'apprentissage.

Exécution de l'acte moteur

Une fois les programmes moteurs activés, ce sont les fibres aboutissant aux motoneurons médullaires qui vont être sollicitées. Deux boucles de rétrocontrôle vont intervenir à ce niveau :

- l'une puisant son origine dans les informations sensorielles ascendantes
- l'autre puisant son origine dans les structures motrices de la moelle

Mais l'une et l'autre ne vont pas changer fondamentalement le profil de la programmation motrice. Les messages qu'elles véhiculent modulent l'activité du cervelet, du cortex moteur et du thalamus.

L'exécution de l'acte moteur est le fait corticalisé de la frontale ascendante, mais le cervelet, les noyaux gris de la base, et le thalamus (noyau ventro-latéral) vont assurer la régulation des données (comme ils participent à l'élaboration de la programmation des mouvements volontaires)

A tout moment, en cours d'exécution, un mouvement peut être modifié ou interrompu. Si une séquence motrice est rapide, sa modification pendant la phase d'exécution ne permet pas une correction suffisamment précise (pour atteindre le but préfixé) ni une engrainement dans les circuits neuroniques de façon à pérenniser cette modification. D'où la technique de correction d'un geste sportif qui n'est possible que lors d'une « visualisation-écoute » proprioceptive, mentale et au ralenti. [12].

Quel est le rôle des structures corticales et sous-corticales dans un acte moteur ?

Il est difficile de distinguer le cortical du sous-cortical dans un acte moteur car les deux participent. Il serait plus juste de parler de parties basses et de parties hautes du S.N.C. par rapport à la motricité.

NIVEAU SUPERIEUR : STRATEGIE

Les structures concernées sont : les aires associatives du néocortex et les ganglions de la base (striatum (noyau caudé + putamen), pallidum et amygdalle).

1. Informations sur la situation d'origine (auditives, visuelles, somatiques et proprioceptives)
 2. Analyse des options possibles
 3. Sélection des stratégies
 4. Envoi des stratégies vers le cortex + référence à l'expérience
 5. Décision finale
- } ganglions de la base

NIVEAU INTERMEDIAIRE : PARAMETRAGE

Les structures concernées sont : le cortex moteur et le cervelet

1. La décision tactique va conditionner l'amplitude, la direction et la force du mouvement
2. Transmissions des instructions au tronc cérébral

NIVEAU INFERIEUR : EXECUTION

Les structures concernées sont : le tronc cérébral et la moelle

1. Activation des neurones du tronc cérébral
2. Transmission des ordres aux niveaux concernés de la moelle épinière
3. Activation des motoneurones
4. Mouvements et ajustements posturaux

Il est à noter qu'avant que n'intervienne une réponse motrice sous forme d'élaboration (stratégie), paramétrage puis mouvement, on aura un ou des stimulus/i sensitivo-sensoriel(s) qui sera/ont à l'origine de cette réponse motrice.

L'évaluation du contexte, le bilan, l'état des lieux qui conduisent à une stratégie donnée. Celle-ci fait intervenir les lobes pariétaux, frontaux ainsi que des processus attentionnels et de vigilance (formation réticulée).

Après ces considérations d'ordre général par rapport à la motricité, on pourrait s'en faire une idée plus précise en analysant les centres, noyaux et zones du système nerveux qui interviennent dans la préparation, l'exécution et le contrôle moteur, en les passant en revue, un par un, et en étudiant leurs afférences et efférences. Cette opération n'apporterait guère plus que l'image globale que l'on pourrait se faire d'une espèce de réseau tridimensionnel, mettant en évidence des centres d'échange d'information entre différents systèmes (sensoriel, limbique (émotionnel), réticulaire (vigilance), moteurs). Si la connaissance de ces points communs (plate-formes d'échange informationnel) et des voies de transmissions de l'information entre différents systèmes permet des suppositions prédictives quant au cheminement de l'information, elles ne permettront jamais de se faire une idée exacte du flux informationnel entre les différentes structures du système nerveux au fil du temps et ce pour différentes raisons :

- Toutes les voies informationnelles ne sont pas connues aujourd'hui. Dans les traités de neurophysiologie on n'évoque que celles qui le sont. Or ces dernières ne le sont que grâce à l'expérimentation animale d'une part, et à l'observation clinique de cas pathologiques d'autre part.
- Même si des voies convergent et repartent d'un noyau relais donné, on n'en connaît pas le seuil de dépolarisation. L'existence d'un trajet informationnel ne détermine pas nécessairement son utilisation mais seulement son activation potentielle.
- On ne connaît pas l'organisation spatio-temporelle du cheminement de l'information (séquençage exact : quelle boucle sera empruntée avant quelle autre ?)
- Il existe des voies informationnelles utilisant des neurotransmetteurs spécifiques. Un modèle basé sur des « flèches » reliant différents centres ou noyaux ne nous permet pas encore de différencier ces voies en fonctions des neurotransmetteurs impliqués. Même si la transmission nerveuse se fait par le biais d'une sommation spatio-temporelle de neurotransmetteurs (qui peuvent être différents) libérés dans la fente synaptique, on retombe sur le problème de l'inconnue du séquençage.
- Vu le nombre élevé de voies d'une part et la relative simultanéité des échanges informationnels, notre esprit analytique (par trop linéaire !) a quelque peine à se faire une représentation précise du cheminement de l'information au fil du temps.

Ainsi, pour toutes ces raisons, nous ne nous astreindrons pas à cet exercice fastidieux que représente l'énumération systématique de chaque centre ou noyau impliqué dans la motricité, avec ses afférences et ses efférences. Les ouvrages de neurologie l'ont déjà fait mieux que nous ne saurions le faire ici. Nous citerons toutefois des références permettant de s'informer des principales structures impliquées dans la motricité [5], [7], [13]. Quelques schémas permettant d'étayer les hypothèses qui nous ont amenées à monter cette expérience faisant partie de notre étude seront néanmoins présentés.

Le cortex moteur (c.f. pp.112 & 316)

Le cervelet (c.f. pp.270-276 & 317)

Le thalamus (c.f. pp.113-120)

Voie pyramidales (ou cortico-spinale) et extra-pyramidales (c.f. pp.279-288)

Noyaux gris centraux (Putamen, Pallidum, Noyau caudé, c.f. pp.243-248)

Noyau rouge (c.f. pp. 257-258)

Locus Niger (c.f.p.277)

Corps de Luys (c.f.p.277)

Noyau vestibulaires, Olive bulbaire (c.f.p.278)

Système limbique (S.L) (c.f. pp.210-221)

Formation réticulaire (c.f. pp.103-110) : vu son importance dans la régulation des états de vigilance, ainsi que dans le cadre du contrôle de la motricité, un paragraphe de notre travail y sera tout de même consacré.

...

Ci-dessous, le lecteur trouvera deux représentations schématiques du fonctionnement des ganglions de la base [7]. Bien sûr ces schémas peuvent se compliquer à souhait, selon le détail du nombre de centres nerveux que l'on veut y faire figurer ou même le neurotransmetteurs impliqués. Ce qui nous paraît intéressant ici est surtout le fonctionnement en parallèle des ganglions de la base et du cervelet ainsi que les possibilités de rétrocontrôle (fonctionnement en boucle) entre le cortex et le sous-cortical.

Figure 17.1 Diagramme résumant les modulations motrices des ganglions de la base et du cervelet. Dans chacune de ces structures, les éléments centraux de traitement reçoivent des afférences massives du cortex cérébral; chaque système élabore alors des signaux rétroactifs sur l'état du segment mobilisé et sur l'état de l'environnement. Noter que diverses entrées modulatrices influencent également le traitement de l'information par le noyau caudé et le putamen ainsi que par le cortex cérébelleux. Les messages éfférents de ces dernières structures sont transmis indirectement au thalamus et, rétroactivement, au cortex moteur dont ils modulent les commandes motrices.

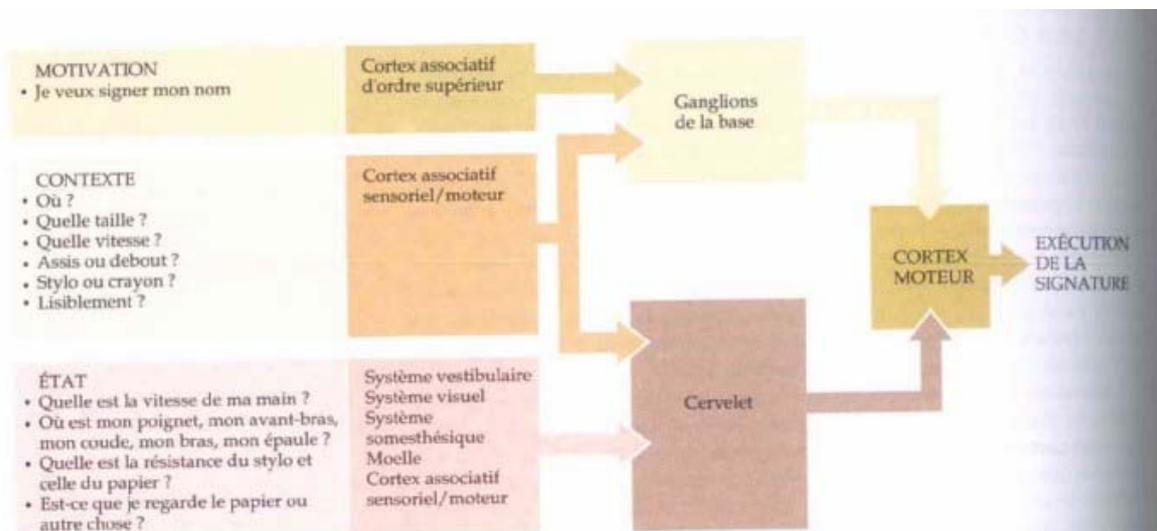
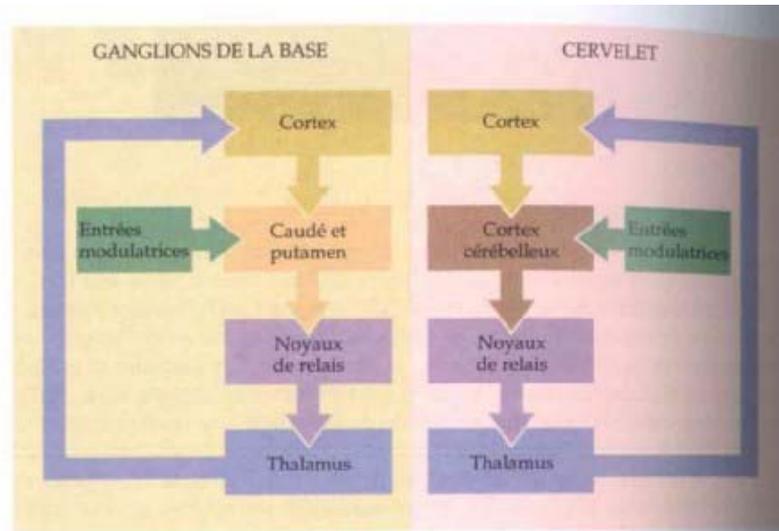


Figure 17.2 Diagramme montrant comment les ganglions de la base et le cervelet contribuent au déclenchement et à l'exécution des mouvements volontaires, ici, d'une signature.

Les schémas ci-dessus ont le mérite d'être assez synthétiques, mais d'autres références fournissent d'autres représentations avec plus de détails [13] : Voies extra-pyramidales (c.f. pp.283-288). Ces dernières montrent qu'il existe plusieurs boucles de rétro-contrôle entre le cortex et le sous-cortical.