

# LA PLASTICITÉ NERVEUSE ET MUSCULAIRE

Hiba SOUISSI

[hiba.souissi@umontpellier.fr](mailto:hiba.souissi@umontpellier.fr)

# Définition

La **plasticité** peut être définie comme la capacité qu'ont les corps déformables à changer leur forme sous l'action d'une force extérieure  
*(Dictionnaire Larousse, 1993).*

*Cette notion vient de la physique des matériaux, représentant la capacité de pouvoir déformer les objets.*

La Biologie s'est donc heurtée au double sens du terme « plasticité » : en tant que créatrice de forme et capacité à changer de structure.

# Définition

La **plasticité** désigne la propriété des organisations vivantes d'être des structures organisées et remodelables, c'est-à-dire *malléable*, *déformables* sous l'action des contraintes du milieu extérieur et intérieur.

*Dans son sens étymologique*, le sens plastique est plutôt créateur d'ordre.

*Dans le sens moderne et biologique*, c'est une capacité d'adaptation de l'organisme. Ainsi défini, le système neuromusculaire est considéré comme doué de cette plasticité.

# Définition

*En sciences biologiques .....*

- La plasticité évolutive ou phylogénétique : elle concerne la transformation des espèces dans leur morphologie et leurs capacités d'adaptation au milieu environnement. Elle traduit une certaine mutabilité du génome.

# Définition

*En sciences biologiques .....*

- **La plasticité génétique ou ontogénétique** : elle s'exprime au niveau individuel dans les phénomènes d'épigenèse (théorie qui considère que l'embryon se construit graduellement par addition de parties nouvelles).
- Elle traduit la malléabilité du système au cours de son développement, en s'intéressant à la mise en forme de la structure sous l'effet de contraintes externes.

# Définition

*En sciences biologiques .....*

- La plasticité adaptative : elle désigne la capacité du système ayant achevé son développement à remanier sa propre structure et à enrichir son répertoire réactionnel de possibilités nouvelles non initialement présentes dans ce répertoire (phase d'apprentissage).

Cette plasticité comprend aussi la plasticité post-traumatique observée suite à des lésions et se traduit par des modifications caractéristiques de l'organe atteint et peut être suivie d'une phase de récupération progressive. Cette forme de plasticité s'estompe au cours du vieillissement.

# Systeme Nerveux

## *Plasticité et Systeme Nerveux*

La ***neuroplasticité*** est une propriété fondamentale et générale du système nerveux. C'est un processus élémentaire, existant chez tous les organismes ayant un système nerveux, et apparaissant dès la neurogènes.

C'est également un terme générique utilisé pour désigner l'ensemble des mécanismes neurobiologiques qui permettent la modification du système nerveux.

# Systeme Nerveux

Le Systeme Nerveux (SN) n'est pas un systeme fige. Il est le siege d'un **remodelage permanent de ses connexions** lui permettant dans un premier temps de se developper (phase embryonnaire et postnatale), puis par la suite de s'adapter a de nouvelles contraintes environnementales (phase adulte).

Les differents types cellulaires qui composent le SN sont amenes a changer de position, de taille, de forme, d'expression moléculaire et d'activité.

Ils ont également la capacité de moduler leur phénotype en fonction de leur environnement.



# Systeme Nerveux

La **neuroplasticité** correspondrait à des modifications de l'organisation de la structure de certains éléments neuraux, produisant, par voie de conséquence, une modification ou une modulation de leurs fonctions.

Les modifications seraient fonction de facteurs (contraintes) de l'environnement dans lequel vit l'organisme et de l'environnement dans lequel se trouve le système nerveux (microenvironnement).

# Systeme Nerveux

**Les principaux types de neuroplasticité seraient :**

- 1) La réorganisation d'une synapse, entraînant une modification de la transmission synaptique (synthèse de protéines membranaires, potentiation ou dépression à long terme, ...).**
- 2) La réorganisation hodologique au sein des réseaux nerveux par la création ou l'élimination de nouvelles synapses.**
- 3) La réorganisation de la composition d'un réseau neuronal par la différenciation de nouveaux neurones.**
- 4) La réorganisation d'un ensemble de réseaux.**

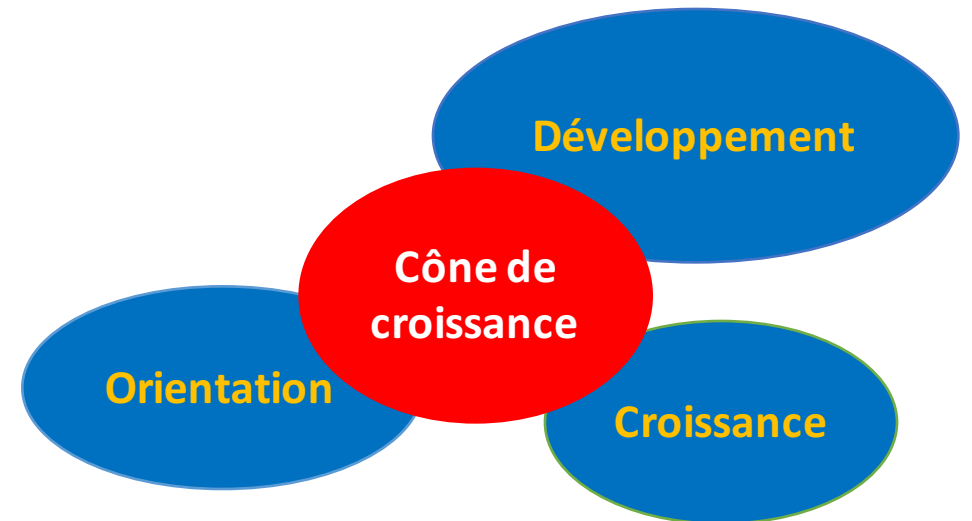
# Systeme Nerveux

Communément, on peut distinguer 3 formes générales de plasticité appliquées au système nerveux :

## *1) La plasticité développementale*

-Mise en place des éléments cellulaires pendant le développement ontogénétique (prolifération, migration et différenciation cellulaire).

- Polarisation de la cellule
- Développement de prolongements
- Synaptogenèse
- Maturation
- Sélection neuronale importante



# Systeme Nerveux

## ***1) La plasticité développementale***

**-Mise en place des éléments cellulaires pendant le développement ontogénétique (prolifération, migration et différenciation cellulaire).**

1/ Notion de période critique (ou sensible) au cours de l'ontogenèse

2/ Influence du milieu extérieur : le développement du cortex visuel

3/ Influence du milieu intérieur : la différenciation sexuelle chez le fœtus de mammifère

# Systeme Nerveux

## ***1) La plasticité développementale***

**-Mise en place des éléments cellulaires pendant le développement ontogénétique (prolifération, migration et différenciation cellulaire).**

***En conclusion,*** l'environnement joue un rôle indispensable dans l'établissement d'une aptitude, mais si les stimuli adéquats ne surviennent pas au cours d'une période critique (de durée variable selon les espèces et les aptitudes), l'aptitude en question ne se développe pas.

# Systeme Nerveux

## *II) La plasticité synaptique*

-Modifications morphologiques, chimiques et fonctionnelles qui interviennent au cours du temps.

### *1/ Notion d'assemblée cellulaire et de force (ou efficacité) synaptique*

- Les neurones s'organisent en réseaux complexes qui s'entremêlent donnant des possibilités de circuits nerveux variées. Une assemblée cellulaire ne désigne pas un ensemble anatomique figé de neurones, mais une entité fonctionnelle de cellules activées simultanément et transitoirement interagissant entre elles à un moment.
- Ces associations temporaires très rapides se reproduisant avec la répétition des stimulations vont conférer au système une extraordinaire dynamique sous-tendant sa capacité de changement incessant et donc son adaptabilité aux variations des milieux externe et interne : **c'est la définition même de la plasticité synaptique.**

# Systeme Nerveux

## *II) La plasticité synaptique*

**-Modifications morphologiques, chimiques et fonctionnelles qui interviennent au cours du temps.**

### ***1/ Notion d'assemblée cellulaire et de force (ou efficacité) synaptique***

- Le principe théorique de ces modifications est simple en soi : la connexion d'un neurone A vers un neurone B augmente d'intensité (on parle de force ou d'efficacité) si leur activité est synchronisée (c'est-à-dire s'ils déchargent simultanément ou en succession très rapide).

**→ La spécificité et l'associativité sont deux caractéristiques fonctionnelles des assemblées cellulaires rendant plus efficaces les connexions synaptiques entre les neurones qui les constituent.**

# Systeme Nerveux

## ***II) La plasticité synaptique***

**-Modifications morphologiques, chimiques et fonctionnelles qui interviennent au cours du temps.**

### ***2/ L'apprentissage par stabilisation sélective des synapses en voie de développement***

- La possibilité d'apprendre est liée à l'introduction d'un certain degré de variabilité dans l'organisation synaptique des assemblées cellulaires due à la capacité des neurones à établir un grand nombre de connexions transitoires et à choisir progressivement celles qui resteront et celles qui seront éliminées.
  - C'est l'utilisation fonctionnelle d'un circuit donné en fonction des expériences vécues qui déterminera ce choix, en stabilisant les connexions où l'influx nerveux circule le plus souvent et en supprimant les autres où il ne circule pratiquement jamais.
- ➔ Au cours de l'ontogenèse, il y a initialement une surabondance de synapses mais qui nuit à l'efficacité du système et les synapses « inutiles » devront être alors éliminées.



# Systeme Nerveux

## ***III) La plasticité post-traumatique (« réactionnelle »)***

**-Modifications anatomiques et biochimiques lorsque le SN est perturbé de façon accidentelle ou pathologique.**

-Survie cellulaire

-Réaction gliale (hypertrophie, régression des prolongements, prolifération)

-Bourgeoisement homotypique ou hétérotypique,

-Néosynaptogenèse.

**On peut avoir des déséquilibres importants et durables, modifiants, entre autre, la balance entre excitation et inhibition nerveuse qui est à l'origine de l'hyper- ou hyposensibilité de l'élément post-synaptique.**

**Les mécanismes conduisant à la restauration fonctionnelle du système témoignent de l'existence d'une plasticité post-traumatique.**

# La Vicariance

Il est également important de distinguer la plasticité de **la vicariance**.

La vicariance est le développement de **stratégies nouvelles** (Franz, 1923). Elle suppose que la restauration fonctionnelle résulte de l'expression par les structures saines de capacités latentes susceptibles de contrôler d'autres fonctions que celles dans lesquelles elles sont impliquées.

Le modèle de vicariance suppose donc l'existence de stratégies de remplacement préexistantes, de sous-routines fonctionnelles plus ou moins interchangeables. Il est de ce point de vue assez **proche de la théorie de la redondance des fonctions**.

Ce modèle n'implique pas, *a priori*, de réorganisation fonctionnelle dynamique des réseaux neuronaux intacts. Il fait plus référence à un processus de « switching » de schémas fonctionnels qu'à l'élaboration de nouvelles performances par apprentissage.

La plasticité, elle, impliquerait une compensation sous-tendue par une modification de l'organisation fonctionnelle du système nerveux. La distinction entre les deux n'est pas toujours aisée, la vicariance pouvant être associée à une plasticité.

# Adaptation Comportementale

**L'adaptation comportementale** est un processus entraînant des modifications qualitatives et quantitatives de la réponse suite à des modifications de l'environnement externe ou interne.

Cette adaptation comportementale peut être le résultat **d'adaptations plastiques** au niveau neuronal.

Après une lésion du système nerveux, on notera une neuroplasticité vraie lorsqu'on aura une adaptation comportementale.

Il faut cependant souligner, que cette adaptation comportementale n'implique pas nécessairement une réorganisation du réseau neuronal mais simplement un nouveau mode de traitement de l'information.

# Notion de récupération fonctionnelle

**« Toute atteinte du système nerveux, d'ordre pathologique ou traumatique, entraîne des déficits fonctionnels plus ou moins sévères qui généralement régressent en fonction du temps, aboutissant à une compensation partielle ou totale du syndrome initial »**

*(Principe du phénomène de récupération fonctionnelle)*



**Neuroplasticité**

# Notion de récupération fonctionnelle

## Les facteurs susceptibles d'influencer la récupération

### Les bases anatomo-fonctionnelles des processus de récupération

L'étude des phénomènes de restauration fonctionnelle a permis d'aboutir à 2 modèles fondamentaux de la restauration des fonctions nerveuses qui se différencient par la nature des mécanismes de compensation qu'ils privilégient.

**-le modèle structural**, qui met l'accent sur les processus de remodelage neuro-anatomique des réseaux neuronaux pourrait conduire à une véritable restitution fonctionnelle, par rétablissement des modes opératoires initiaux.

**-le modèle fonctionnel**, fait une part prépondérante aux réorganisations fonctionnelles portant sur les systèmes et sous-systèmes impliqués dans l'accomplissement d'une fonction perturbée par la perte de l'un d'entre eux. Ce remodelage fonctionnel serait à l'origine d'une restauration fonctionnelle adaptée au plan comportemental.

# Notion de récupération fonctionnelle

## Les facteurs susceptibles d'influencer la récupération

-Âge

-La quantité de tissu détruit

-Agents pharmacologiques (*action neuritogénique et neuronotrophique*)

-l'exercice

-Le rôle de l'espèce

# Notion de récupération fonctionnelle

## Les bases anatomo-fonctionnelles des processus de récupération

- La « dérépression » synaptique
- L'hypersensibilité de déafférentation
- La plasticité cellulaire
- La flexibilité de la connectivité fonctionnelle
- La régénération nerveuse

# La Plasticité Musculaire

Le terme de « *plasticité ou malléabilité musculaire* » fit son apparition pour la première fois dans les années 60.

Lorsqu'un muscle lent est réinnervé par des fibres nerveuses innervant à l'origine un muscle rapide, la vitesse contractile du muscle réinnervé augmente.

Réciproquement, lorsqu'un muscle rapide est réinnervé par des fibres nerveuses innervant à l'origine un muscle lent, le muscle réinnervé devient plus lent.

Les fibres nerveuses motrices exercent une influence sur le phénotype musculaire (plasticité nerveuse - plasticité musculaire).

Ainsi, le terme de plasticité fut utilisé en physiologie musculaire signalant que les fibres musculaires différenciées n'étaient pas des unités figées mais des entités hautement versatiles.



# La Plasticité Musculaire

La **structure** et la **fonction** du muscle squelettique peuvent être modifiées sous l'influence de stimuli qui modifient l'activité contractile (*entraînement en endurance, la stimulation électrique, la dénervation*), de la charge imposée au muscle (*entraînement en résistance, microgravité*), de l'approvisionnement en substrat (*interventions nutritionnelles*) ou de facteurs environnementaux tels que **l'hypoxie** ou **le stress thermique**.

Le muscle squelettique subit également des changements avec l'âge.

Le phénomène de plasticité musculaire est observé chez toutes les espèces de vertébrés.

# La Plasticité Musculaire

La plasticité du muscle squelettique implique une réponse intégrée de la fibre (la cytoarchitecture et la composition) et des structures associées à la fibre (réseau capillaire, fibres nerveuses).

La **reprogrammation transcriptionnelle** au sein des noyaux des fibres musculaires striées est reconnue comme un évènement majeur se produisant très tôt lors de le processus de plasticité.

- Modifications des compartiments cellulaires et extracellulaires (modifications protéiques, enzymatiques, lipidiques, .....

# La Plasticité Musculaire

L'activité contractile détermine le **phénotype musculaire**

Le **motoneurone** permet de moduler le phénotype. Son activité est cruciale pour réguler les propriétés musculaires telles que la vitesse, la force et l'endurance.

Les signaux qui déterminent le phénotype musculaire sont codés en *patron* et en *fréquence d'activité électrique*.

- *Une activité continue de basse fréquence entraîne un ralentissement de la vitesse de raccourcissement en influençant, notamment, l'expression de la chaîne lourde de myosine.*
- *De courtes activités de haute fréquence entraîne un phénotype musculaire rapide.*

# La Plasticité Musculaire: *la dénervation*

## Lésion de la Moelle Epinière

Les muscles paralysés sont caractérisés par une forte atrophie, par une forte proportion de fibres musculaires de type rapide (type II) et parfois par une perte complète de fibres musculaires de type lent (type I)

Lésion  
Périphérique

*Troubles Nerveux*

Perte de Motricité

Perte de Sensibilité

*Mécanosensibilité*  
*Métabo(lo)sensibilité*

Atrophie Musculaire

# La Plasticité Musculaire: *la dénervation*

**En l'absence d'innervation, les muscles rapides tendent à devenir lents et les muscles lents à devenir rapides.**

**Phénotype hybride « lent-rapide »**

# La Plasticité Musculaire: *la dénervation*

La **fréquence de décharge** et le **patron d'activité des motoneurones** sont des clés déterminantes pour l'orientation des caractéristiques contractiles des fibres musculaires.

**Ex** : *La stimulation électrique chronique entraîne donc des adaptations musculaires au niveau de l'appareil contractile et de sa fourniture en énergie.*

*Ainsi, l'électromyostimulation des fibres musculaires de type rapide entraîne une augmentation du temps de contraction, de la tension développée au cours de la secousse élémentaire et du demi temps de relaxation tandis que la vitesse maximale de développement de la tension tétanique est diminuée.*

*Il est également observé une augmentation de la résistance à la fatigue et des capacité oxydative aérobie.*

# La Plasticité Musculaire: *l'électrostimulation*

