

**MINISTERE D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOHAMED LARBI BEN M'HIDI  
OUM EL BOUAGHI**

**Faculté des sciences sociales et humaines**

**Département des sciences sociales**

**Spécialité d'orthophonie**

**Polycopie des cours de module**

**Developpement psychomoteur**

**Master 1 pathologie du langage et communication**

**Présenter par :**

**Dr. HASSANI .I**

**2020/2021**

## INTRODUCTION :

### 1- Les bases anatomo-physiologiques des développement psychomoteur :

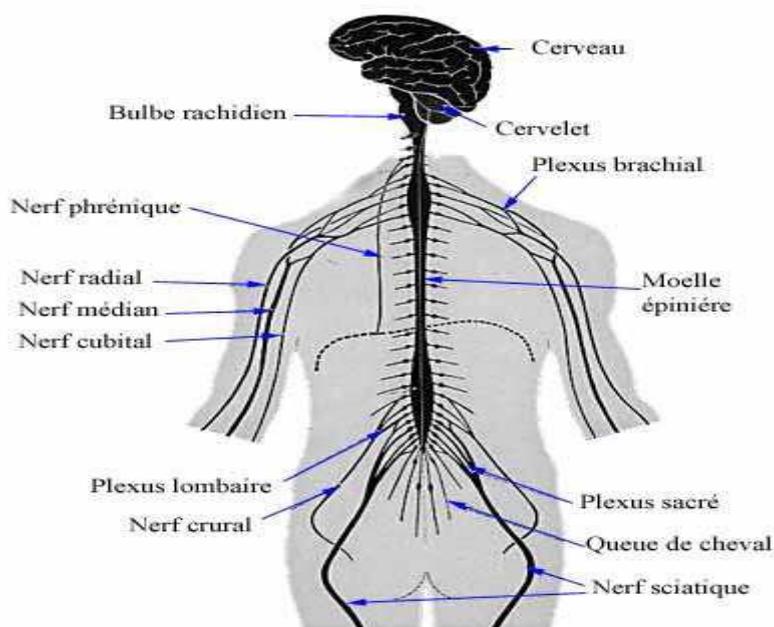
Le développement psychomoteur des nourissants lié avec plusieurs facteurs biologiques ,génétiques , environnementales . le système nerveux est le responsables de l'acquisition et l'apprentissage et le contrôle de nos comportements .

Le système nerveux central comprend l'encéphale ainsi que la moelle épinière . **L'encéphale** correspond aux trois organes qui sont situés **dans la cavité de la boîte crânienne** qui sont le **cerveau**, le **cervelet** et le tronc cérébral.

**La moelle épinière** est située **dans** le canal rachidien qui résulte de la superposition des vertèbres de la colonne vertébrale.

**Le système nerveux périphérique** est composé des organes du système nerveux situés **à l'extérieur de la cavité crânienne et du canal rachidien** donc à l'extérieur du système nerveux central. Ces organes correspondent aux différents nerfs rattachés à l'encéphale ou à la moelle épinière. Les nerfs qui se rattachent au tronc cérébral de l'encéphale sont appelés des **nerfs crâniens** alors que ceux qui se rattachent à la moelle épinière sont des **nerfs rachidiens** car ils émergent du canal rachidien .

Schéma du système nerveux cérébro-spinal



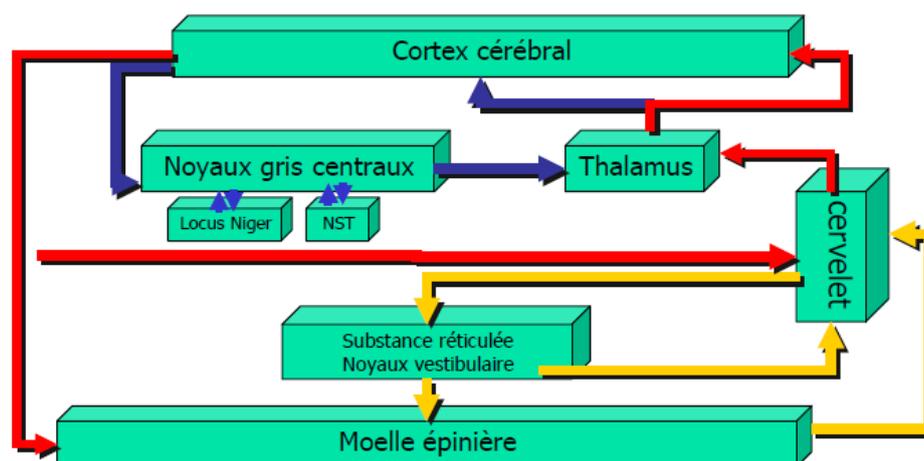
Un mouvement volontaire met en jeu des unités motrices, sous la commande du motoneurone central de la voie pyramidale et nécessite plusieurs contrôles moteurs générés par le système dit "**extra-pyramidal**" (qui sera responsable de la coordination des automatismes et de la synergie des mouvements). Un mouvement volontaire est élaboré avec tous les niveaux du neuraxe. Ainsi, pour saisir un objet :

- ▶ le cortex pré-central et post-central initie le mouvement
- ▶ il est nécessaire de régler le tonus de chaque muscle en jeu par le réflexe myotatique et les réflexes synergiques entre groupes musculaires agonistes et antagonistes (rôle de l'étage spinal sous la commande des voies descendantes)
- ▶ il est mis en place une coordination de l'activité de l'ensemble des muscles du membre supérieur concerné mais aussi des muscles axiaux, des membres contralatéraux et inférieurs (intervention du cervelet et du corps strié).

### hiérarchie séquentielle :

- la **moelle spinale** (niveau le plus bas) : contient les **motoneurones** et des circuits locaux, précablés, qui assurent des réponses stéréotypées. Le motoneurone reçoit directement ou indirectement (via des interneurons) les influences **pyramidales** et **extrapyramidales** suprasegmentaires (origine supraspinale).

- la **substance réticulée et les noyaux propres du tronc cérébral** intègrent les données sensibles et motrices. Les faisceaux issus de ces noyaux, voies extrapyramidales, ont pour cible les motoneurones ou des interneurons de la moelle spinale.



### motricité - organisation générale

- le **cervelet** compare le programme moteur élaboré au niveau cortical avec la tâche motrice réalisée. Le cervelet contrôle :

- les synergies musculaires (agonistes / antagonistes)
- la coordination motrice
- la régulation du tonus

- l'apprentissage des tâches motrices
- et aurait une action sur les fonctions cognitives
- les ganglions de la base (noyaux gris centraux) appartiennent au système extrapyramidal. Ils traitent les données corticales (projet moteur) en formant une boucle avec le cortex au travers du thalamus. Ils influencent le planning et l'exécution du mouvement. Ils présentent aussi un rôle cognitif.
- le cortex cérébral génère et contrôle l'activité motrice.

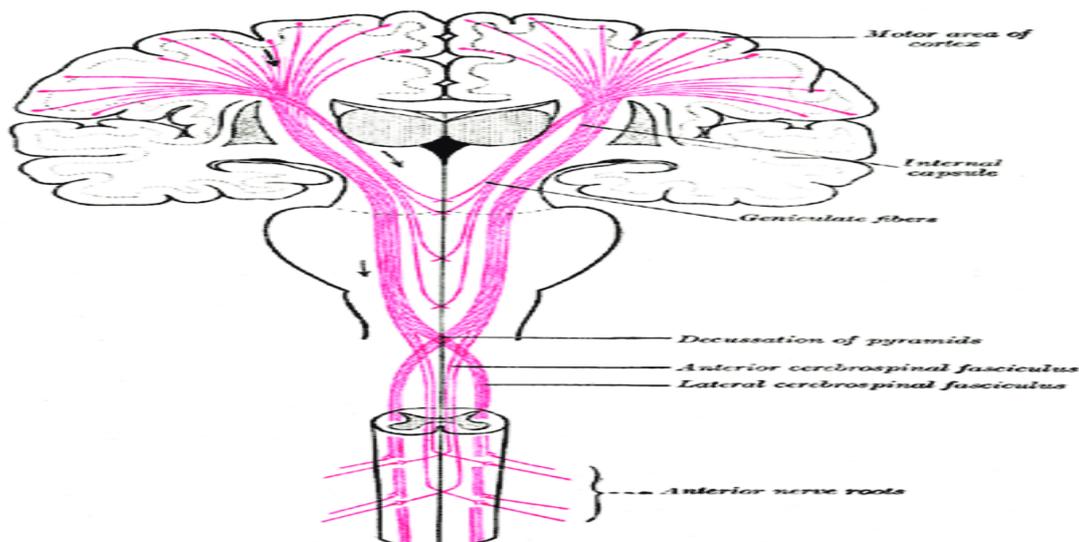
## 1-2 La voie pyramidale:

C'est la voie de la motricité volontaire .deux grands systèmes :

- un système moteur **latéral** qui a pour cible les motoneurones innervants les muscles distaux : **motricité distale**, fine et précise.
- un système **médial** qui a pour cible la musculature **axiale** (dos, tronc). Rôle dans la posture.

La voie pyramidale comprend :

- **la voie corticospinale** qui a pour cible les motoneurones spinaux. constitué 1 à 2 millions de fibres.

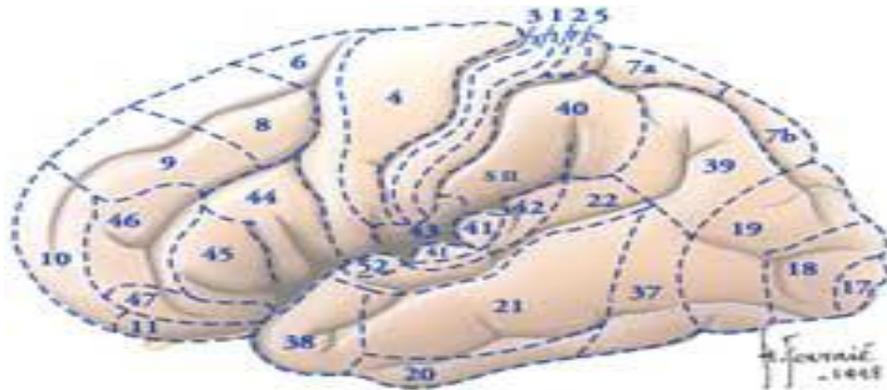


Son origine corticale est assez large. **Un seul neurone** du cortex à la moelle ou au noyau moteur du nerf crânien. Chaque voie contrôle l'hémicorps **controlatéral**. Classiquement, elle naît du **cortex moteur primaire** mais plus précisément, du gyrus précentral (circonvolution frontale ascendante) : *aire 4* de Brodmann ou *aire motrice primaire M1*, en avant du sillon central (scissure de Rolando).

L'origine de la voie corticospinale est en réalité beaucoup plus large. Elle comprend :

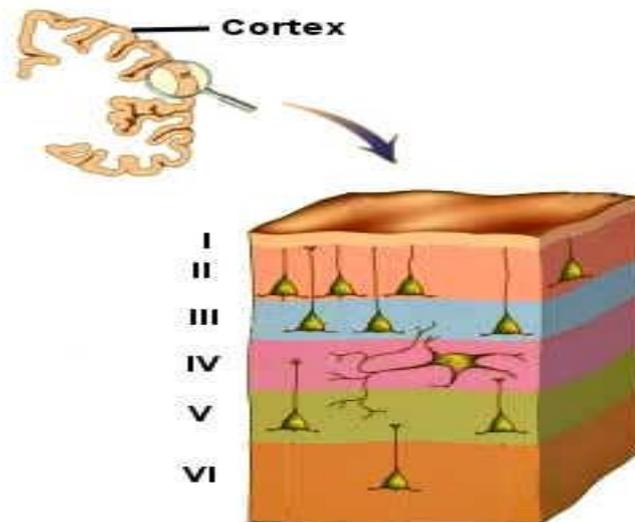
- Le **cortex prémoteur** (aire 6 de Brodmann). Il s'étend verticalement en avant du gyrus précentral, sur les 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> circonvolutions frontales. Subdivisé en régions dorsale et ventrale. Ses principales afférences viennent du *cervelet* après relais dans le *noyau Ventral Latéral du thalamus*. Les lésions préfrontales altèrent la réalisation de mouvements complexes alternés (coordination interarticulaire).

- L'**aire motrice supplémentaire (AMS)**. Activée en imaginant l'action. Elle reçoit des informations du *thalamus* (noyau Ventral Antérieur, relais des noyaux gris centraux) et du *cortex préfrontal*. Les lésions de l'AMS altèrent la coordination bimanuelle.
- Le **gyrus cingulaire** situé à la face interne des hémisphères participe aux comportements moteurs sous l'angle des *émotions* et de la *motivation*.
- Le **cortex pariétal** donne aussi des fibres corticospinales.



aires de Brodmann, face latérale de l'hémisphère gauche

les voies descendantes naissent de la **couche V** du cortex (cellules pyramidales).



La structure du cortex

- la **voie corticonucléaire** qui a pour cible: noyaux moteurs des nerfs crâniens.

## 1-2 La voie corticonucleaire ou géniculée:

C'est la voie de la motricité volontaire qui commande les nerfs crâniens moteurs (motricité de la face)

**Origine:**

Partie inférieure du gyrus précentral (frontale ascendante) à la face externe du lobe frontal

Cette région répond à la somatotropie motrice de la face.

**trajet:**

Il est identique à celui de la voie corticospinale, avec quelques spécificités:

- elle descend dans le genou (qui lui donne son nom) de la capsule interne.
- elle chemine en dedans de la voie corticospinale dans le tronc cérébral.
- à chaque étage du tronc cérébral, cette voie se termine sur les noyaux moteurs des nerfs crâniens (III, IV, VI, IX, X, XI, XII) directement ou indirectement (interneurones réticulaires).

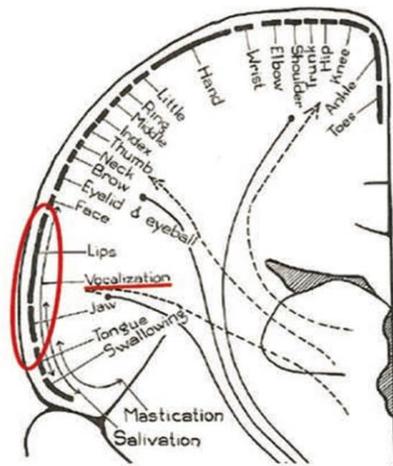
**1-3 LES VOIES EXTRAPYRAMIDALES**

Elles forment un ensemble de voies issues pour la plupart de noyaux tels que : noyau vestibulaire, noyau rouge, etc.

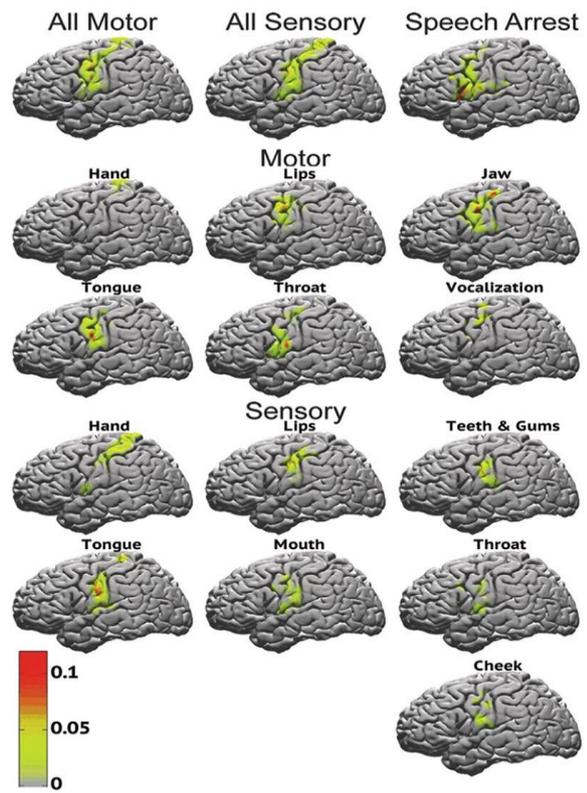
- **Les voies réticulospinales** ont deux origines :
    - une origine bulbaire : descend dans la moelle dans le cordon latéral.
    - une origine pontique : descend dans le cordon antérieur.
- > ces voies vont influencer les motoneurones.

- **La voie vestibulospinale** :  
Son origine est le noyau vestibulaire (VII). Il est situé à la jonction bulboprotubériente.  
Les fibres descendent de ce noyau vers la moelle spinale en deux faisceaux : latéral et médial.

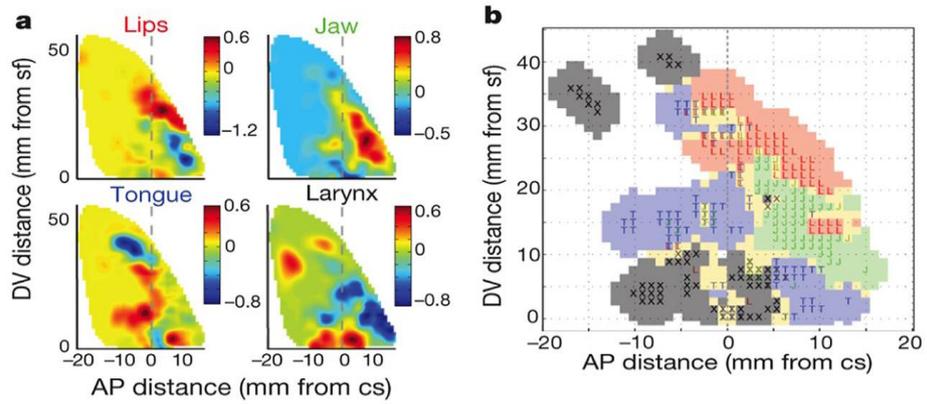
**A**



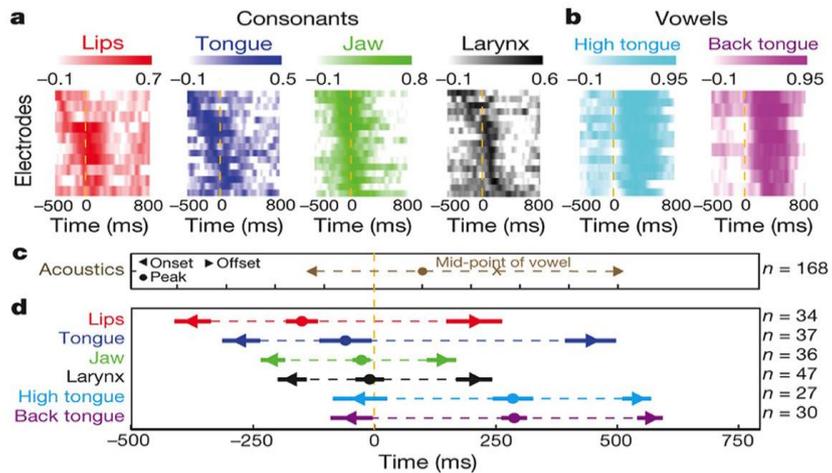
**B**



**C**



**D**



imonyan et al. □ Understanding the Complexity of Human Speaking J. Neurosci., November 9, 2016 • 36(45):11440 – 11448

## 2- Les lois de développement psychomoteur :

### 2-1 Loi de différenciation

Au départ, le bébé a une motricité globale dont les décharges sont généralisées à tout le corps. L'activité motrice s'affine pour devenir de plus en plus fine, plus élaborée et plus localisée. Le bébé passe d'une motricité involontaire à une motricité volontaire.

### 2-2 Loi de variabilité

L'évolution du développement psychomoteur se fait toujours dans un sens de perfectionnement progressif. Ces progrès ne sont pas uniformes et continus. Cette maturation se réalise par des progressions rapides mais également par des stagnations, des arrêts, voir même des régressions puis le développement peut repartir

### 2-3 Loi de succession

L'ordre de maturation est d'une remarquable constance. Le développement psychomoteur se réalise à partir de 2 lois fondamentales :

#### 2-3-1 Loi céphalo-caudale

Les muscles de l'axe du corps sont d'autant plus tôt sous le contrôle de la volonté qu'ils sont plus proche de la partie céphalique (SNC). Cette loi descendante est marquée par une série d'étapes dans la coordination statique.

Donc, le contrôle musculaire s'achemine de la tête aux pieds. Par exemple, les muscles du visage sont contrôlés en premier puis l'enfant peut soulever sa tête avant de parvenir à s'asseoir.

#### 2-3-2 Loi proximo-distale

Les muscles des membres sont d'autant plus tôt sous le contrôle de la volonté qu'ils sont plus proche de l'axe du corps. Cette loi est marquée par une série d'étapes dans la coordination fine.

Donc, le contrôle s'achemine du centre du corps à la périphérie. L'enfant contrôle en premier ses bras, puis ses mains, puis ses doigts

## 3- Le développement psychomoteur:

Le développement psychomoteur est l'évolution des acquisitions sensorielles et motrices d'un individu au cours de sa vie.

### 3-1 développement normal de 0 à 2 ans

#### Réflexes archaïques

- \_ dès la naissance.
- \_ absence = signe d'immaturation.
- \_ évolution et disparition = bonne maturation.
- \_ Quatre réflexes sont recherchés :

**Réflexe de Moro:** persistance pathologique après 6-7 mois

**Réflexe de fousissement:** suivi des réflexes de succion et de déglutition.

**Réflexe de redressement et de marche automatique:** à la naissance, marche si enfant debout soutenu sous les aisselles.

**Grasping.** stimulation paume de la main entraîne flexion des doigts et agrippement

#### Tonus musculaire

Au niveau des membres :

- \_ Attitude en flexion (naissance) à attitude en extension (vers 3-5 mois)
- \_ Hypertonie (naissance) puis hypotonie (8-9 mois) qui disparaît vers 18 mois

Au niveau du tronc :

Hypotonie axiale puis progressivement contrôle tonique des muscles de l'axe permettant le développement postural.

### Développement postural

progressif avec :

- Tenue de tête vers 3 mois.
- Tenue assise vers 6 mois et véritablement stable vers 8-9 mois.
- Station debout débutant vers 9-10 mois, acquise vers 11-12 mois

### Motilité et locomotion

\_ premiers mouvements = décharges motrices « sans objet » à type de flexion - extension, pédalage dans le vide.

\_ Vers 3 mois : mouvements des mains devant les yeux, possibilité de soulever le cou du lit.

\_ Vers 5 mois : joue avec les pieds; mise en bouche

Vers 6-7 mois, tenue assise avec puis sans soutien

\_ Vers 7-8 mois : commence à ramper, à se déplacer sur les fesses, puis à 4 pattes.

\_ Vers 9-10 mois, se redresse

\_ Vers 12 mois : acquisition de la marche (variations entre 10 mois et 2 ans) et autonomisation progressive

### Préhension

Suit l'évolution de la motricité et la disparition du grasping :

\_ Vers 5 mois: cubito-palmaire.

\_ Vers 6 mois: digito-palmaire

\_ Vers 9-10 mois: radio-digitale (début de la pince).

\_ préhension = exploration des objets et manipulation à volonté.

\_ porter à la bouche habituel

### Sensorialité

Le bébé, puis le nourrisson a des compétences:

\_ voit dès le 4ème jour particulièrement le visage humain (pendant la tétée)

\_ entend dès la naissance et peut localiser un son dans l'espace (reconnaît la voix de sa mère dès la 3ème semaine).

\_ reconnaît l'odeur du lait de sa mère et de sa peau.

\_ "peau à peau" (contact cutané mère-bébé) = indispensable à l'établissement d'une bonne relation affective mère-enfant

### Sourire

\_ existe dès la naissance ( serait du à la satisfaction alimentaire).

\_ peut être provoqué, entre 2 et 8 semaines, par des stimuli extérieurs.

\_ devient intentionnel vers 2-3 mois (prend valeur de communication).

## **3-2 développement normal après 2 ans**

### Evolution motrice

\_ acquisition progressive d'une motricité de plus en plus fine.

\_ phase d'instabilité psychomotrice normale (avant 3 ans)

\_ Puis l'enfant va se stabiliser: meilleur contrôle tonique

### Latéralisation

\_ dominante latérale s'établit progressivement, au niveau de la main mais aussi du pied et de l'oeil.

\_ se détermine généralement entre le 6ème et 12ème mois sans pour cela être définitive

### ***Schéma corporel***

\_ L'enfant reconnaît progressivement les différentes parties de son corps et du corps de l'autre.

\_ Vers 3 ans, l'enfant peut se représenter de manière grossière (dessin du bonhomme).

\_ Parallèlement, l'enfant investit son propre corps. La qualité de cet investissement est liée à celui que la mère aura pour son enfant.

### ***Organisation spatio-temporelle***

\_ La notion d'espace s'élabore progressivement par l'intermédiaire du corps et en relation avec les expériences kinesthésiques et visuelles

\_ Simultanément, se constitue la notion de temporalité et de rythme (vers 5-6 ans).

## **1- Les troubles de développement psychomoteurs**

### ***4-1 Retards:***

\_ retard des acquisitions posturales ou du tonus.

\_ causes somatiques possibles. Consultation spécialisée neuropédiatrique ++

\_ Après élimination cause organique:

consultation de pédopsychiatrie. Causes psychiques possibles: psychose précoce, carence affective, dysfonctionnements interactifs précoces, maltraitance.

### ***4-2 Troubles de l'acquisition de la coordination***

\_ maladresse, imprécisions ou lenteur motrice

\_ fréquents troubles associés : langage (articulation), apprentissages (écriture), difficultés relationnelles avec les pairs (jeux).

\_ Rechercher: prématurité, hypoxie néonatale, malnutrition, anomalies neurologiques...

\_ Dépistage rapide: sauts à pieds joints, à cloche pied, appui monopodal, taper du doigt, attacher un lacet, attraper un ballon...

\_ Tests spécialisés: scores "performances" inférieurs aux scores "verbaux".

\_ Dépistage troubles sensoriels (acuités auditive et visuelle) +++

\_ Bilan neurologique: recherche infirmité motrice cérébrale, myopathie...

\_ Prise en charge: rééducation psychomotrice, perceptivo-motrice ou globale.

### ***4-3 Instabilité psychomotrice (1)***

\_ motif fréquent de consultation (3-5 % des enfants en maternelle ou primaire).

\_ ATTENTION+++ distinguer comportement pathologique des enfants "plein de vie".

\_ début des troubles: entre 5 et 6 ans.

\_ 7 garçons pour 1 fille

#### **Diagnostic:**

- entretien / parents

- entretien / enfant seul

- Observation relations parents-enfant

- échelles (Conners)

- bilans (psychologique, psychomoteur, orthophonique)

#### **Clinique:**

\_ instabilité motrice:

- \_ Hypermotricité désordonnée
- \_ Mouvements incessants, bruyants
- \_ Indiscipline, ne supporte pas de rester assis
- \_ Impulsivité: Incapacité à différer, travail bâclé, réponses trop rapides
- \_ réprimandes et punitions généralement inefficaces.
- \_ instabilité psychique:
- \_ Inattention et difficultés de concentration intellectuelle
- \_ Distraction (happé par tous les stimuli extérieurs)
- \_ l'enfant peut réaliser correctement un travail lorsqu'un adulte disponible se trouve à ses côtés .

**Symptômes associés (plus ou moins marqués):**

- \_ Angoisse masquée par l'agitation
- \_ Agressivité, colères déclenchées par les frustrations
- \_ Attitudes de provocation (opposition, défi indifférence aux remontrances)
- \_ Variations de l'humeur (passage du rire aux larmes) Faible investissement du langage
- \_ Difficultés relationnelles (rejet par les pairs)
- \_ Anomalies de la coordination, maladresse
- \_ Troubles des apprentissages (20-50 % des cas) : lecture, calcul

**Conséquences:**

- \_ Sur le plan familial
- \_ Exaspération, dramatisation, rejet, banalisation, déni...
- \_ Contre attitudes violentes
- \_ Aggravation du tableau clinique
- \_ Sur le plan scolaire
- \_ Résultats médiocres
- \_ Mesures disciplinaires inopérantes
- \_ Exclusions répétées
- \_ Retard voire échec scolaire

**Diagnostic différentiel:**

- \_ Turbulence développementale
- \_ Trouble du développement
- \_ Retard mental
- \_ Prise médicamenteuse (corticoïdes, antiasthmatiques...)
- \_ Pathologie neurologique (épilepsie)
- \_ MALTRAITANCE.

**Remarque** :L'instabilité psychomotrice n'est qu'un syndrome, une réponse psychomotrice non spécifique

**Les approches thérapeutique :**

Approches thérapeutiques très différentes et discutées, associent :

- \_ Approche familiale.
- \_ Approche corporelle (danse rythmique, relaxation, rééducation psychomotrice)
- \_ Psychothérapie
- \_ Approche comportementale et cognitive parfois
- \_ Traitement médicamenteux: le plus classique = Ritaline®

(méthylphénidate: dérivé amphétaminique). Pour enfants de plus de 6 ans. Jamais isolé.

## **2- Les théories de développement psychomoteur**

Le développement psychomoteur est un phénomène complexe . Nous ne pouvons pas étudier le développement pas sans la connaissance de développement psychologique de l'enfant .La connaissance de repères développementaux n'est pas suffisant pour comprendre le **DPM** de l'enfant qu'il que soit typique ou atypique .Plusieurs approches expliquent le développement psychomoteur , nous distinguent entre des théories qui expliquent selon les facteurs et autres selon les mécanismes de développement .

### **5-1 Le maturationisme et l'accent sur les facteurs endogènes :**

L'approche maturationiste est directement issue d'une perspective essentiellement médicale du développement. Arnold Lucius Gesell en est le théoricien le plus connu. Le développement psychomoteur est identifié à la croissance des systèmes biologiques : muscle et système nerveux. La maturation est le principal facteur de développement, c'est un facteur intrinsèque, endogène. Tout particulièrement au début de la vie, le développement est prédéterminé génétiquement et les changements développementaux suivent un ordre immuable. Le développement psychomoteur est envisagé comme une accumulation séquentielle de performances sur laquelle les facteurs environnementaux ont une influence minimale les études contemporaine sur le développement psychologique de l'enfant pour cela ils sont liés .

De ce point de vue, la maturation corticale permet que le mouvement, tout d'abord réflexe et inorganisé, devienne coordonné du fait de l'influence inhibitrice du cortex. Le développement tonique suit inexorablement les lois de développement céphalocaudale et proximo-distale (voir encadré ci-dessous). C'est seulement à partir de 3 mois que le milieu commence à influencer le développement en apportant des expériences et des apprentissages, même si ceux-ci ne jouent que sur la qualité des acquisitions fonctionnelles .

### **5-2 La culture, l'environnement social, des facteurs exogènes du développement**

**Henri Wallon (1879-1962)**, Lev Semenovitch Vygotsky (1896-1934) et plus tard Jérôme Bruner (1915-) ont développé des théories du développement psychologique faisant une place large à l'environnement social .

Wallon souhaite théoriser le développement de l'enfant dans ses composantes biologiques, affectives, sociales et culturelles. Il propose un modèle du développement de la personne en six stades de la naissance à l'adolescence(tableau 1). Au cours de celui-ci, l'enfant passe successivement par des phases où l'affectivité prédomine et des phases où c'est l'intelligence (loi de prépondérance, loi d'alternance fonctionnelle). Selon le stade de

développement, l'enfant se tourne vers le monde (orientation centrifuge) et la construction de l'intelligence prime ou bien au contraire il se centre sur lui-même (orientation centripète) et la construction de la personne prime. Les stades à dominante centrifuge et centripète se succèdent alternativement et la loi d'intégration fonctionnelle fait que chaque stade intègre les fonctions des stades précédents.

Stade	Age	Orientation	Caractéristiques
Stade impulsif	0 -3/6 mois	centrifuge	désordre gestuel, fusion émotionnelle
Stade émotionnel	3-12 mois	centripète	reconnaissance dans le miroir, différenciation émotionnelle
Stade sensori-moteur et projectif	1-3 ans	centrifuge	intelligence pratique puis discursive, début d'individuation
Stade du personnalisme	2-6 ans	centripète	différenciation moi autrui
Stade catégoriel, stade de la personnalité polyvalente	6-11 ans	centrifuge	représentation abstraite
Stade de l'adolescence	à partir de 11 ans	centripète	achèvement de la construction de la personnalité

**Pour Vygotsky**, l'influence de l'environnement se réalise au travers des interactions sociales, du langage et de l'affectivité. La « loi génétique générale du développement culturel » implique que « dans le développement de l'enfant, toute fonction apparaît deux fois ou dans deux niveaux différents. Dans un premier temps, elle apparaît au niveau social, et dans un deuxième temps, au niveau psychologique. [...] Derrière toutes les fonctions supérieures et ses relations, il y a, génétiquement, des relations sociales, des véritables relations entre personnes. » (Vygotski, 1933, p. 91)

**Bruner** s'est orienté dans une direction comparable en avançant que la pensée humaine provient des interactions entre les structures mentales de l'individu et la culture dans laquelle il évolue. L'enfant est « un être social, tourné d'emblée et prioritairement vers autrui ». C'est activement qu'il construit ses connaissances, en prenant appui sur son environnement : les relations interpersonnelles, relations entre pairs et relations de tutelle avec l'éducateur ou les parents sont au coeur du processus d'apprentissage. Dès les premiers mois, le bébé acquiert des routines, des formats d'interaction qu'il définit comme des épisodes interactifs standardisés, microcosmes régis par des règles dans lequel l'adulte et l'enfant échangent (Bruner, 1984, p. 22)

### **5-3 Les théories écologiques et le poids de l'expérience motrice:**

Les écrits du couple **Gibson, James (1979) et Eleanor (1910-2002)**, insistent sur l'importance de la perception pour comprendre le développement de la motricité. Dans cette perspective, dites théorie écologique, perception et action sont intimement reliés et le passage de l'un à l'autre est direct, sans étape de représentation ni de « calcul ». L'action est directement issue de la rencontre perceptive entre le sujet et l'objet. Les propriétés de l'objet sont directement perçues en fonction des actions applicables sur lui, c'est le principe d'affordance (Gibson, 1969). Dans cette modélisation de la motricité, les processus qui poussent à des changements au cours du développement sont auto-régulés. En effet, ce sont les caractéristiques perceptives de l'objet ou de l'environnement qui guident directement le sujet sur les possibilités d'action. Celle-ci alimente à son tour la perception en générant des informations sur l'action elle-même et les transformations de l'environnement obtenues. C'est donc grâce aux comportements d'exploration que l'enfant accède à de nouvelles perceptions qui, par le biais des affordances, génèrent de nouvelles formes motrices au cours du développement. L'élément clef de la théorie de Gibson est que le développement de l'enfant repose sur la différenciation progressive des affordances. Autrement dit, le développement repose sur un apprentissage perceptif (apprendre à percevoir l'environnement, Gibson, 1988). Progressivement l'enfant discrimine et détecte les éléments, les propriétés signifiantes de l'environnement. La discrimination est liée aux capacités motrices de l'enfant et à son expérience. C'est la combinaison de l'apprentissage et de l'expérience qui permet une différenciation progressive des stimulations. De ce point de vue, le développement cognitif est très lié au développement perceptif et moteur

### **5-4 Une théorie dynamique du développement : multiplicité des déterminismes**

La perspective dynamique non linéaire est issue à la fois de l'approche écologique gibsonnienne et de celle de Bernstein et propose un véritable changement de paradigme dans la conception de l'organisation du contrôle moteur. Bernstein (1967) résout la difficulté de conception du contrôle moteur liée à la complexité musculaire et squelettique par les concepts de degré de liberté et de synergie. Le degré de liberté rend compte des possibilités de mouvement offertes par la structure musculosquelettique

des membres : les mouvements possibles sont en nombre limité. D'autre part, la synergie permet d'ordonner le comportement d'un point de vue spatio-temporel et d'abandonner l'idée d'une activation individuelle de muscles. Ces deux principes expliquent que la réalisation d'un mouvement nécessite moins de contrôle et offre à la fois stabilité et flexibilité (Thelen *et al.*, 1987). Au début des années 1980, Kelso et ses collaborateurs avancent que le mouvement ne résulte pas d'une prescription à l'échelle du système nerveux central mais de l'interaction entre les propriétés physiques du corps, de l'environnement et des projets de l'individu. C'est la théorie non linéaire des systèmes dynamiques appliquée au contrôle moteur.

bousculant la vision d'un cerveau commandeur pour laisser la place à un cerveau partenaire de l'organisation du mouvement.

### **5-5 Le darwinisme neuronal : du système nerveux au comportement**

Les théories dites du Darwinisme neuronal se rapportent à la théorie de l'épigenèse par stabilisation sélective des synapses (**Changeux, 1983**) et la théorie de sélection des groupes de neurones (**Edelman, 1987**). Dans une perspective clairement issue des

neurosciences, ces théories tentent de rendre compte des profondes interactions entre le système nerveux et l'environnement au cours du développement.

Pour **Changeux (1983)**, l'activité d'un réseau nerveux entraîne la stabilisation des synapses qu'il contient et l'élimination progressive des autres. En s'appuyant sur des expériences sur la jonction neuromusculaire, il montre que la stabilisation de certaines synapses se fait à l'issue de trois étapes développementales : la croissance neuronale qui consiste en une prolifération des neurones, la redondance transitoire qui voit se réaliser des connexions neuronales en surnombre, et l'élimination-stabilisation dans laquelle certaines des synapses vont disparaître et d'autres se stabiliser en fonction de l'expérience sensorielle.

De son côté, **Edelman (1987)** décrit également trois phases clés dans l'épigénèse du cerveau au cours desquelles se réalise la sélection des groupes de neurones. La sélection développementale qui comprend la neurogenèse, la migration neuronale, la croissance des axones et dendrites, la mort neuronale programmée et la formation des connexions. La deuxième phase est la sélection par l'expérience : le câblage entre groupes neuronaux est modifié en fonction des interactions avec l'environnement, notamment sensoriel. De plus, les neurones qui sont actifs en même temps, par exemple parce qu'ils répondent à la même stimulation sensorielle, voient leurs connexions se renforcer. Des répertoires primaires et secondaires, réseaux neuronaux d'une région donnée se construisent. Enfin, dans une troisième phase, ces répertoires s'arrangent progressivement entre eux en cartes spécialisées, par la réentrée des informations entre les différentes cartes, physiquement connectées entre elles par un réseau très dense de fibres.