

Maturation cérébrale : étapes clés/concepts clés

RÉSUMÉ : Les étapes du développement de l'enfant nécessitent une analyse intégrative. Le but de cet article est de donner des éléments de réflexion au pédiatre dans sa démarche hypothético-déductive de compréhension d'un décalage développemental, d'une dysharmonie qui s'installe ou d'une déficience et de sa signification. Pour interpréter les étapes du développement d'un enfant et ses variations, il y a nécessité de connaître certes les étapes classiques des acquisitions mais surtout d'avoir une vision à la fois chronologique et transversale des composantes du développement. Cette analyse neuropédiatrique doit être intégrative. Les principaux concepts nécessaires à la compréhension du développement de ces différentes fonctions seront décrits.



→ L. VALLÉE

Service de Neuropédiatrie,
Hôpital Roger-Salengro,
Pôle Enfants, LILLE.

Les étapes classiques de repérage du développement de l'enfant à 3, 6, 9, 12, 18, 24, 48 mois sont indispensables à connaître pour repérer un décalage, un retard voire une déficience. Elles sont connues de tout pédiatre. Ces étapes clés ont pour base des concepts neurodéveloppementaux clés, essentiels pour interpréter la variation de la chronologie d'acquisition et de la sémiologie "normale" du développement.

Le but de cet article n'est pas de rappeler les étapes de développement inscrites dans le carnet de santé et dans tous bons livres de référence sur le développement de l'enfant. Le but est de donner des éléments de réflexion dans une démarche hypothético-déductive de compréhension d'un décalage développemental, d'une dysharmonie qui s'installe et de sa signification, éléments de la démarche diagnostique rarement décrite dans ces mêmes livres. Ainsi, seront exposés ici quelques-uns des concepts neurodéveloppementaux permettant d'interpréter les étapes du développement d'un enfant et ses variations. Cette analyse neuropédiatrique doit être intégrative, prenant en compte

le développement de la motricité, de l'adaptation à l'objet, de la communication, de l'autonomie sociale et de la composante psychique.

Les étapes neurobiologiques du développement du cerveau suivent schématiquement quatre processus : neuronogenèse, corticogenèse, myélinogenèse, synaptogenèse [1]. Ces étapes sont sous la dépendance de facteurs génétiques et épigénétiques dont il a été démontré l'impact sur le développement [2].

On peut schématiquement considérer qu'il y a quatre grands marqueurs neurosomatiques dans la démarche neuropédiatrique du développement de l'enfant :

- les systèmes neurosensoriels : repérer un dysfonctionnement dans les premières semaines de vie car c'est un des témoins du neurodéveloppement de la période anténatale ;
- les systèmes sensori-moteurs : repérer un dysfonctionnement dans les 2 premières années car c'est un des témoins de la myélinogenèse ;
- le système langagier : repérer un dysfonctionnement les 3 premières années



SESSION INTERACTIVE

Le **Laboratoire Gallia** vous invite à participer
le mardi 14 octobre 2014 de 12h45 à 13h45
à une **session interactive** sur le thème :

Troubles digestifs du nourrisson : qu'en est-il de la qualité de vie de l'enfant ?

Expert: Dr Marc Bellaïche – Gastro-pédiatre, hôpital Robert-Debré – Paris



Vous pouvez poser, dès à présent,
toutes **vos questions** au Dr Marc Bellaïche
et **vous inscrire** à cette session interactive sur le site :
www.jjrp.info/laboratoiregalliachat1

Le lait maternel est l'aliment idéal du nourrisson : il est le mieux adapté à ses besoins spécifiques. Une bonne alimentation de la mère est importante pour la préparation et la poursuite de l'allaitement au sein. L'allaitement mixte peut gêner l'allaitement maternel, et il est difficile de revenir sur le choix de ne pas allaiter. En cas d'utilisation d'une formule infantile, lorsque la mère ne peut ou ne souhaite pas allaiter, il importe de respecter scrupuleusement les indications de préparation et d'utilisation et de suivre l'avis du corps médical. Une utilisation incorrecte pourrait présenter un risque pour la santé de l'enfant. Les implications socio-économiques doivent être prises en considération dans le choix de la méthode d'allaitement.

BSA — RCS Villefranche-Tarare 301 374 922.
Document réservé aux professionnels de santé.



LE DOSSIER Neurologie

car c'est un des témoins du bon développement du cortex et de la synaptogenèse; – la mise en place de l'appareil psychique: un des témoins de l'épigénèse et des conditions de stimulations de l'environnement.

L'organisation des acquisitions

La cohérence des stimulations, des différents types d'afférences regroupées en anglais sous le terme générique des "inputs", c'est tout l'avenir de l'enfant qui en dépend! Pour chacun des systèmes sens décrits, la période critique constitue un préalable conceptuel indispensable à la compréhension d'une bonne évaluation développementale. C'est P.R. Huttenlocher en 1997 qui a apporté un éclairage novateur sur la compréhension neurobiologique des 3 à 5 premières années [3].

En effet, l'analyse quantitative du nombre de synapses dans le cortex au cours du temps montre que leur nombre n'augmente pas de façon linéaire mais essentiellement en quatre périodes.

>>> La première phase anténatale est caractérisée par une augmentation du nombre de synapses qui débute au milieu du second trimestre de grossesse pour se terminer 1 à 2 mois après la naissance.

>>> La deuxième phase qui la suit est marquée par une augmentation exponentielle du nombre de synapses entre le 2^e et 10^e mois; durant cette phase, le cortex va avoir son nombre de synapses qui va quadrupler!

>>> La troisième phase est caractérisée par une décroissance asymptotique. C'est celle de la sélection synaptique intense entre le 10^e mois et la 5^e année postnatale: c'est durant cette phase que les interactions environnementales jouent un rôle essentiel dans le développement.

>>> Il s'ensuit une période qui durera jusqu'à la puberté, période au cours de laquelle la sélection synaptique va se poursuivre. Au moment de l'adolescence, on observe une nouvelle intensification de cette synaptogenèse et de sélection synaptique qui durera toute la puberté pour ensuite retrouver une période de stabilisation jusqu'à l'âge adulte et au-delà. Les périodes dites de stabilisation synaptique sont caractérisées par des processus dynamiques de production et de sélection synaptique associés aux processus apoptotiques, concourant à la modification permanente des réseaux neuronaux.

En pratique clinique, les conséquences sont importantes. Les événements de la première année de vie vont conditionner tel un "effet domino" les processus développementaux des années suivantes (**fig. 1**). La période de sélection synaptique intense – entre 1 et 5 ans au cours de laquelle le nombre de synapses sera schématiquement divisé par deux – est fondamentale à prendre en compte pour analyser la construction à la fois neurologique et psychique de l'enfant et ses variations normales et pathologiques. Il en sera

de même lors de la réaccélération de cette synaptogenèse liée à la puberté. En d'autres termes, les conditions de stimulation de l'enfant par les différents "inputs" ou "canaux" sensoriels, moteurs, somesthésiques, langagiers et cognitifs vont conditionner la cohérence du bon développement du système nerveux central et de son fonctionnement.

Les marqueurs d'un dysfonctionnement à repérer en premier lors de l'enquête anamnétique et à l'examen neurologique seront le décalage temporel des étapes d'acquisitions. Les plus classiques et solides dans leurs significativités sont les étapes d'acquisitions de la motricité. La tenue de tête acquise entre 2,5 et 4 mois, la tenue assise entre 5 et 7 mois, la tenue debout entre 8 et 11 mois, la marche entre 9 et 18 mois, montrent statistiquement une augmentation croissante du différentiel entre les enfants les plus précoces et les plus tardifs au fur et à mesure que les fonctions sont plus élaborées. Ainsi, on passe d'un intervalle de 1,5 mois pour la tenue de tête à un intervalle de 9 mois pour la marche. Si l'on considère parallèlement l'acquisition du langage oral, l'intervalle est encore plus marqué

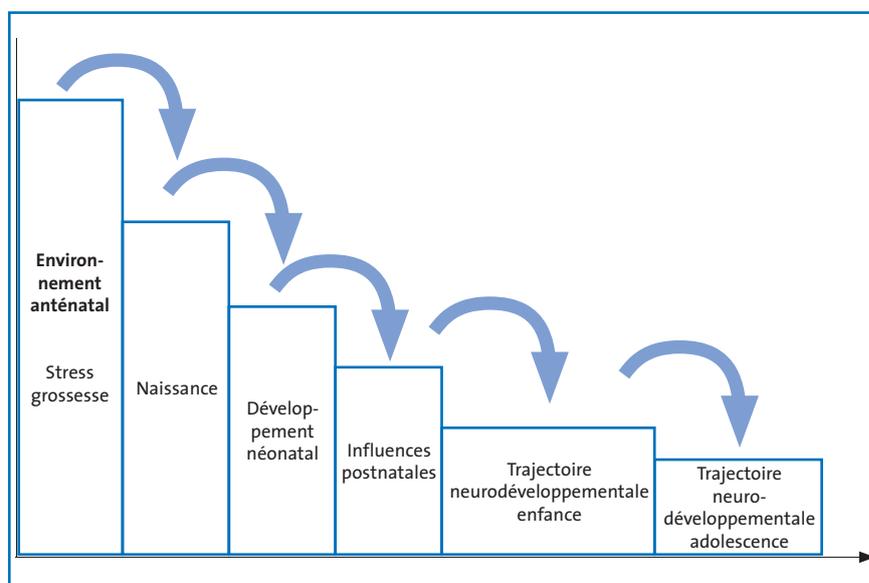


FIG. 1.

pour l'acquisition des premières phrases qui se fait entre 18 et 36 mois. Ce différentiel croissant démontre aussi que plus une fonction est élaborée plus la variation interindividuelle augmente, ce qui souligne l'impact de l'environnement, des conditions de stimulations et donc de l'articulation ontogénèse/épigénèse.

En conséquence, si l'on veut interpréter un retard du développement du langage

chez un enfant, il sera particulièrement important d'analyser les premières étapes du développement et principalement la composante motrice [4] (**fig. 2**). En pratique, ce concept souligne l'importance des informations consignées dans le carnet de santé.

L'outil permettant d'évaluer la progressivité des acquisitions sont multiples. En clinique, le tableau simplifié du développement des acquisitions

proposé par Gesell est un bon compromis. Une autre échelle d'évaluation est celle de Denver. L'échelle de Gesell est schématique mais permet de comparer, au cours des 5 premières années, les étapes de développement des quatre principales fonctions du neurodéveloppement à savoir: la motricité, la cognition, la communication, la socialisation (**tableau I**). Dans un autre numéro de cette revue, pourront être détaillées l'utilisation et l'interprétation de ce tableau. Cette échelle ne prend pas en compte les capacités d'adaptation qui peuvent être évaluées grâce à l'échelle de Vineland [5].

La maturation d'une fonction

Le deuxième concept nécessaire à la compréhension de la maturation cérébrale est celui de processus de développement d'une fonction au cours du temps. Ainsi, peut-on schématiquement considérer qu'il existe trois courants de maturation représentés sur la **figure 3**. Les bases neurobiologiques sous-jacentes correspondent aux processus de mise en place des réseaux neuronaux en fonction des facteurs ontogéniques et épigénétiques précisés plus haut.

On considère classiquement que les systèmes sensoriels, moteurs et somesthésiques se développeront durant la première année de vie et poursuivront leur maturation au cours des 6 premières années. Les systèmes responsables de la psychomotricité, de la coordination fine et de l'équilibre finiront leur maturation au cours de la première décennie. Les structures responsables des fonctions les plus intégratives poursuivront leur maturation au-delà de 20 ans. Pour qu'une fonction se mette en place, il y a nécessité d'intégrité d'une structure anatomofonctionnelle sous-jacente dont la maturation aboutira à une fonction parfaitement finalisée. Ce processus

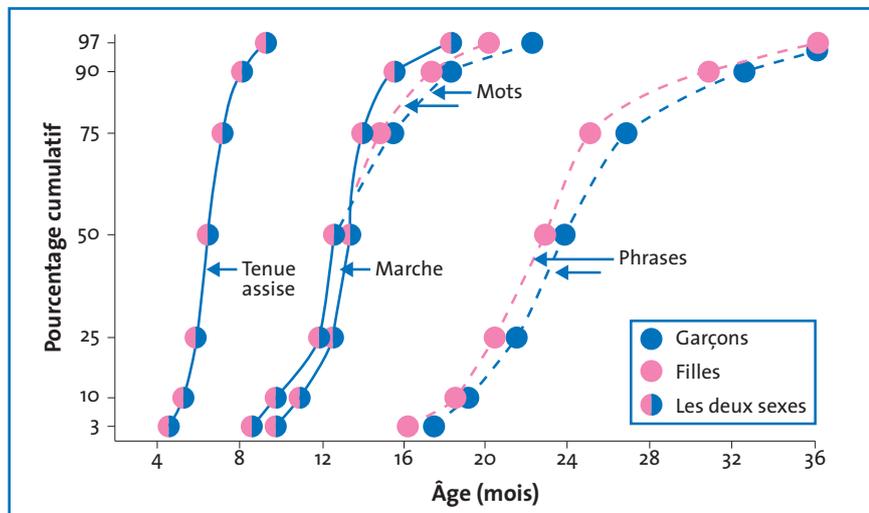


FIG. 2 : Plus une fonction est élaborée, plus la variation individuelle est importante. Si l'on observe chez un enfant un retard dans le développement des étapes du langage oral, il est particulièrement important d'analyser la chronologie des étapes précédentes pour en préciser les hypothèses étiologiques : âge de la tenue de tête, de la tenue assise, de la marche (d'après [4]).

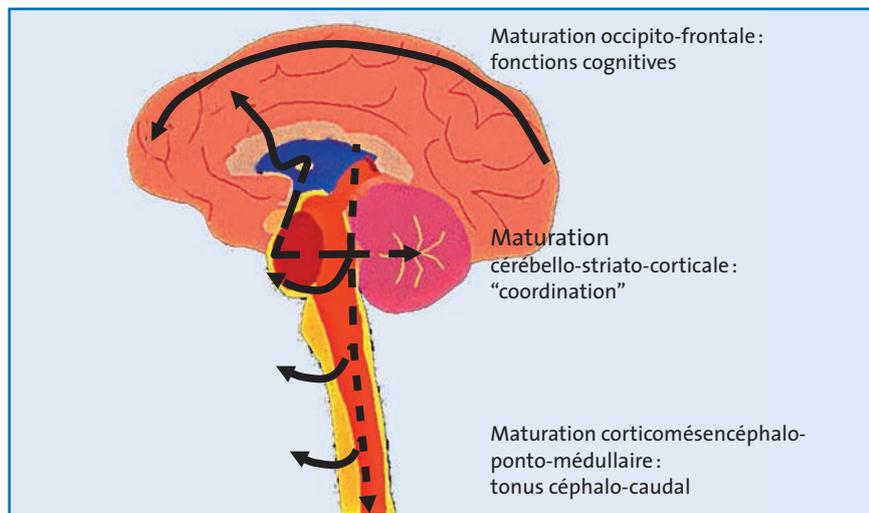


FIG. 3 : Les courants maturationnels.

LE DOSSIER

Neurologie

| Âge | Motricité | Cognition | Langage | Personnalité et développement social |
|---------|---|---|--|--|
| 4 sem. | Manque de contrôle de la tête. Posture asymétrique en décubitus dorsal. | Brève poursuite oculaire. Laisse tomber immédiatement un jouet. | Faciès expressif. Petits sons gutturaux. | Fixe l'entourage. Écoute les bruits. |
| 16 sem. | Tient la tête droite avec petits mouvements salutatoires. Attitudes symétriques en décubitus dorsal. | Tente de saisir un hochet. Regarde le hochet mis dans sa main. | Roucoule. Rit bruyamment. | Sourire "social" spontané. Joue avec les mains. |
| 28 sem. | En position assise, s'appuie en avant. | Dirige la main vers un jouet et le saisit. Transfère un jouet d'une main à l'autre. | Cris aigus. M-m (cris). | Met les pieds en bouche. |
| 40 sem. | S'assied. Rampe. | Combine 2 jouets. Saisit bille entre pouce et index. | Dada-mama. Un autre mot. | "Jeux de <i>nursery</i> ". Capable de manger un biscuit. |
| 52 sem. | Marche tenu par une main. | Met le cube dans la tasse. Essaie de construire une tour de 2 cubes. | Deux autres mots. Répond à "donne-moi". | Coopère lorsqu'on l'habille. |
| 15 mois | Marche seul en trottinant. | Tour de 2 cubes. Met les cubes dans la tasse. | 4-6 mots. | Désigne ce qu'il désire par sons et gestes. Jette des jouets. |
| 18 mois | Marche correctement. S'assied lui-même sur une chaise basse. | Tour de 3-4 cubes. Imite un mouvement. | 10 mots. Jargon. | Propre le jour. Transporte et embrasse une poupée. |
| 2 ans | Court. Monte et descend les escaliers seul. | Tour de 6-7 cubes. Gribouille spontanément de façon circulaire. Imite les traits verticaux. | Assemble 2-3 mots. Nomme 3-5 dessins. | Demande d'aller aux toilettes la journée. Met la poupée au lit. |
| 3 ans | Roule à tricycle. Se met à cloche-pied pendant un moment. | Imite une maison avec des cubes. Imite un cercle. Imite une croix. | Phrases. Dit son nom et son sexe. | Mange seul correctement. Met ses chaussures. Défait ses boutons. |
| 4 ans | Saute à cloche-pied. | Copie un pont. Dessine un bonhomme comprenant 2-4 parties (autre tête). | Raconte une histoire. Compare la longueur de 2 lignes. Compte 4 pièces. | Va aux toilettes seul. Joue avec plusieurs enfants. |
| 5 ans | Saute à la corde. | Copie triangle et carré. | Nomme 4 couleurs. Compare 2 poids. Compte 10 pièces. Questions sur la signification des mots. | S'habille et se déshabille. |

TABLEAU I: Test simplifié de Gesell.

de développement d'une fonction suit une courbe sigmoïdienne selon trois étapes: l'initialisation, l'optimisation, la finalisation.

La "période critique"

Chez l'enfant, la maturation des différentes structures anatomofonctionnelles

suit une chronologie spécifique pour chaque fonction cérébrale pour aboutir à une période de capacité optimale qui est âge-dépendante: c'est la "période

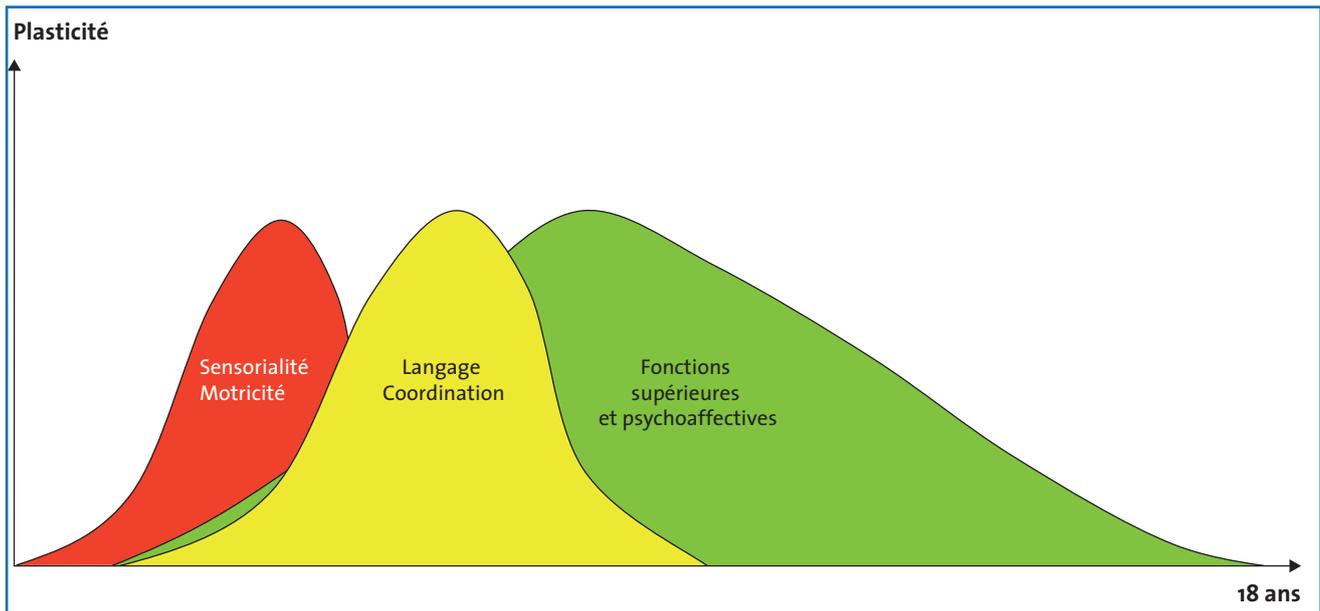


Fig. 4 : Période critique (adaptée de Hensch TK 2005 [6]).

critique” décrite expérimentalement sur le cortex de chat par Hubel et Wiesel en 1970.

Le concept de période critique est une caractéristique développementale qui a été particulièrement étudiée au niveau du système visuel mais qui a été aussi démontrée dans les autres systèmes sensoriels et somesthésiques. Une fois passé cette période d'optimisation de la mise en place de réseaux neuronaux pour une fonction donnée, celle-ci pourra encore se développer mais avec des caractéristiques fonctionnelles moins optimales. Plus une fonction est complexe et élaborée, plus elle nécessitera la mise en place de structures anatomofonctionnelles qui auront dû bénéficier de processus maturationnels.

Ainsi, chaque fonction correspond à une période critique chronologiquement d'autant plus avancée dans le temps

que cette fonction est élaborée et que sa localisation cérébrale est plus antérieure (**fig. 4**) [6]. En cas d'événement pathologique (maladie, traumatisme physique, traumatisme psychique), les conséquences en seront d'autant plus importantes que ledit événement se situera antérieurement ou durant la période critique.

C'est souligner, en pratique clinique, l'importance à accorder aux interactions de l'enfant avec son environnement dont résultent des *patterns* d'activités cérébrales, plus ou moins spécifiques à chaque enfant. En pratique, c'est souligner l'importance de la qualité des stimulations dont l'enfant doit bénéficier durant les premières années de vie. C'est souligner également l'importance de l'intégration en maternelle pour les enfants issus de milieux défavorisés ou vivant dans un environnement avec des “*inputs*” non cohérents, non harmonieux ou insuffisants.

Bibliographie

1. CHABROL B, DULAC O, MANCINI J *et al.* Neurologie Pédiatrique. Éd. Médecine Sciences Flammarion, Paris 2009.
2. DUyme M, DUMARET AC, TOMKIEWICZ S. How can we boost IQs of “dull children”? A late adoption study. *Proc Natl Acad Sci*, 1999;96:8790-8794.
3. HUTTENLOCHER PR, DABHOLKAR AS. Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. *J Comp Neurol*, 1997;387:167-178.
4. NELIGAN G, PRUDHAM D. Norms for four standard developmental milestones by sex, social class and place in family. *Dev Med Child Neurol*, 1969;11:413-422.
5. SPARROW SS, CICCHETTI DV. Diagnostic uses of the Vineland Adaptive Behavior Scales. *J Pediatr Psychol*, 1985;10:215-225.
6. HENSCH TK. Critical period plasticity in local cortical circuits. *Nat Rev Neurosci*, 2005;6:877-888.

L'auteur a déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.