

12^e colloque petite enfance

L'éducation
à la lumière des
neurosciences

Actes
1 et 2
décembre
2016



Fédération Genevoise
des Institutions
de la Petite Enfance

Genève,
ville sociale et solidaire

www.ville-geneve.ch



VILLE DE
GENÈVE

**12^e colloque
petite enfance**

**L'éducation
à la lumière des
neurosciences**

Actes



Jeudi 1^{er} décembre

Ouverture	Esther Alder	conseillère administrative, Ville de Genève	7
La naissance de l'intelligence dans le cerveau: de Piaget aux neurosciences	Olivier Houdé	professeur à l'Université Sorbonne Paris Cité (USPC), Directeur du Laboratoire de Psychologie du Développement et de l'Éducation de l'enfant (LaPsyDÉ), CNRS, Paris	11
Cerveau et apprentissage: les bases physiologiques de la mémoire	Stéphane Pagès	neurobiologiste, Département des Neurosciences Fondamentales, Faculté de Médecine, Genève	17
Les neurosciences à la lumière des recherches en éducation	Marie Gausssel Catherine Reverdy	chargées de veille scientifique et d'analyse en Éducation, Institut français de l'Éducation, École normale supérieure, Lyon	31
Les pratiques pédagogiques des crèches à l'appui de la recherche	Josette Serres	docteure en Psychologie du Développement, Paris	41
	Laurence Rameau	puéricultrice, formatrice de professionnel-le-s de la petite enfance, Caen	47
L'acquisition du langage chez le bébé	Sharon Peperkamp	directrice du Département d'Études cognitives, École normale supérieure, Paris	55
Plasticité et expériences précoces	François Ansermet	professeur, chef du Service de Psychiatrie de l'Enfant et l'Adolescent, Hôpitaux Universitaires, Genève	65



Vendredi 2 décembre

Cerveau, sexe et préjugés	Catherine Vidal	neurobiologiste, directrice de recherche honoraire, Institut Pasteur, Paris	75
Quand les émotions s'en mêlent	Isabelle Filliozat	écrivaine, psychothérapeute, Aix-en-Provence	85
Comment favoriser les apprentissages fondamentaux chez les jeunes enfants ? Apport des sciences cognitives interventionnelles	Édouard Gentaz	professeur de Psychologie du Développement, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation, Genève	97
Synthèse, conclusion et perspectives	Sandra Capeder	cheffe du Service de la petite enfance, Ville de Genève	109





Jeudi 1^{er} décembre

Esther Alder

conseillère administrative
Ville de Genève



Ouverture

Mesdames et Messieurs

Je suis très heureuse d'être parmi vous ce matin et de vous souhaiter la bienvenue à ce colloque.

L'apport des neurosciences à la pédagogie est un thème d'actualité. La Ville de Genève est fière de pouvoir offrir un espace de débat à des spécialistes de ces disciplines.

Une des grandes questions qui se posent actuellement est celle des pratiques éducatives au regard des avancées scientifiques. La recherche évolue dans un contexte tendu qui oppose souvent les sciences naturelles aux sciences humaines, les scientifiques aux pédagogues et aux enseignants, les théoriciens du cerveau biologique à ceux du cerveau social.

Elle évolue aussi entre l'enthousiasme suscité par les découvertes sur le fonctionnement du cerveau et la crainte d'un retour à un scientisme étroit qui voudrait organiser l'éducation selon les critères purement scientifiques. Cependant, il est indéniable que les

neurosciences permettent d'approfondir la compréhension des mécanismes liés aux apprentissages.

Parmi les découvertes fondamentales récentes, on peut citer la plasticité cérébrale, ce qui signifie qu'à tout moment, tout au long de la vie, notre cerveau apprend. Mieux encore, notre cerveau aime apprendre. Tout apprentissage est d'ailleurs un plaisir intense pour l'enfant, voire même un jeu. Depuis la découverte de la plasticité cérébrale, on sait également que les expériences vécues vont modifier en permanence les circuits cérébraux.

L'ambiance dans laquelle est élevé un enfant a donc une influence capitale sur son développement. Que ce soit à la maison, à l'extérieur, dans les lieux d'accueil, ou à l'école, il est indispensable d'entourer l'enfant de bienveillance, de respect et d'empathie.

À cet égard, il paraît primordial de veiller à la qualité relationnelle dans les institutions de la petite enfance.

La capacité d'écouter l'enfant, d'établir un rapport de confiance, et de l'encourager dans sa découverte du monde a parfois tendance à se perdre.

Or l'enfant, vous le savez, doit être soutenu dans son envie de vivre et de faire des expériences. L'enfant est particulièrement sensible au stress et rapidement débordé par ses émotions, d'où l'importance de créer un environnement sécurisant.

Bien que des mauvaises expériences dans l'enfance puissent avoir un impact négatif certain, la plasticité du cerveau facilite aussi la résilience, et interdit toute forme de déterminisme. On ne peut pas prédire quel sera le développement d'un enfant qui n'a pas eu de bonnes conditions de départ.

8

L'approche neuroscientifique nous confirme qu'il est indispensable d'investir dans la petite enfance et dans un système éducatif conçu pour favoriser le bien être et le bonheur de l'enfant.

Pour les pouvoirs publics l'enjeu est de créer des conditions favorables pour que les enfants puissent faire usage de leur formidable potentialité. Cela peut paraître difficile, tant nous vivons dans un monde qui valorise le court terme, l'efficacité, le rendement, la performance et la compétitivité. Dans ce contexte, l'éducation est souvent considérée d'un point de vue uniquement utilitariste. Pourtant la Convention des Nations Unies relative aux droits de l'enfant spécifie bien que l'éducation doit viser à favoriser l'épanouissement de la personnalité de l'enfant et le développement de ses dons, et de ses aptitudes mentales et physiques.

À Genève, la politique de la petite enfance s'est développée dans cette perspective. Pour la Municipalité, il est important que les enfants puissent avoir accès dès le plus jeune âge à toutes sortes d'activités qui favorisent la créativité. Par exemple, un programme d'éveil culturel et artistique est proposé aux enfants de moins de 6 ans, depuis une vingtaine d'années. Il est en train de s'étendre depuis l'ouverture, en 2015, d'une Maison de la créativité. Les recherches neuroscientifiques ont confirmé que les activités ludiques et créatrices sont une dimension essentielle de l'éducation et du développement des enfants. Elles leur permettent d'explorer leur environnement, de laisser libre cours à leur imagination et de satisfaire leur curiosité naturelle. Elles offrent aussi aux enfants l'occasion de développer leur aptitude à résoudre des problèmes et à interagir avec les autres.

Cette importance du jeu dans le développement de l'enfant a conduit la Ville à lancer récemment une campagne pour attirer l'attention des parents sur les dangers d'une trop longue exposition aux écrans. Les ordinateurs, les smart phones, les tablettes et la télévision ont bien entendu un rôle positif à jouer dans l'éducation, mais leur usage intensif nuit aux relations familiales.

Pour soutenir les parents dans leur tâche éducative, la Ville a aussi lancé un projet de coaching familial. Il s'agit d'une aide éducative qui est offerte aux parents qui rencontrent des difficultés dans l'éducation de leurs enfants de 4 à 15 ans.

Depuis 2015, la politique de l'enfance de la Ville de Genève s'est enrichie avec l'adoption d'un Plan d'actions pour la promotion des droits de l'enfant. La Ville manifeste ainsi sa volonté d'approfondir la mise en œuvre

de la Convention des Nations Unies relative aux droits de l'enfant.

Genève tient en particulier à mettre l'accent sur la participation des enfants à la vie de la collectivité et donc sur la nécessité d'une éducation citoyenne pour les enfants. La Ville a d'ailleurs pris plusieurs initiatives dans ce sens. Elle a notamment lancé des appels à projets pour permettre aux enfants de s'impliquer davantage dans la vie de la Cité. Les enfants sont considérés comme de véritables interlocuteurs. Ils ont pu donner leur opinion, proposer des idées et prendre davantage conscience de leurs droits. De cette façon, ils peuvent peu à peu forger leur esprit critique de manière indépendante et responsable dans un milieu bienveillant et constructif.

Mesdames et Messieurs,

la Ville de Genève envisage ce colloque comme une invitation à un dialogue interdisciplinaire autour de la question de l'épanouissement de l'enfant. Personnellement je crois à l'intelligence collective. Comme le dit un proverbe africain «seul on va peut-être plus vite mais ensemble on va plus loin».

J'espère donc que ce dialogue entre les différentes disciplines représentées ici sera riche et fructueux. Nous sommes tous conscients que l'éducation est un enjeu majeur pour affronter les énormes défis qui nous attendent.

Il est certain que les découvertes scientifiques peuvent nous aider à mieux penser l'éducation et ce dès la prime enfance. Cela pose la question du rôle et de la responsabilité des acteurs de l'éducation, mais aussi des scientifiques et du monde politique. L'essentiel est de

ne jamais perdre de vue les droits de l'enfant et de leur bien.

Avec ce cap, les innovations technologiques peuvent devenir des outils majeurs pour l'éducation, le développement des enfants et notre avenir à tous.

Avant de terminer, j'aimerais remercier Madame Sandra Capeder, cheffe du Service de la petite enfance, ainsi que toutes les collaboratrices et tous les collaborateurs qui ont apporté leur aide à l'organisation de ce colloque.

Je vous remercie pour votre attention et je vous souhaite à toutes et à tous une excellente journée. ●

Olivier Houdé

professeur à l'Université Sorbonne Paris Cité
(USPC), Directeur du Laboratoire de Psychologie
du Développement et de l'Éducation de l'enfant
(LaPsyDÉ), CNRS, Paris



La naissance de l'intelligence dans le cerveau : de Piaget aux neurosciences

Bonjour Mesdames et Messieurs,

Je remercie la Ville de Genève de cette invitation. Genève est pour les psychologues de l'enfant, comme je le suis, une ville sacrée car Jean Piaget (1896-1980) fut au 20^{ème} siècle, vous le savez, le plus grand psychologue de l'enfant au monde. On dit quelquefois que Piaget était une véritable « rock star » ! Quand il est allé aux États-Unis, par exemple, il a fait une visite sur le campus de l'Université de Stanford, et le philosophe et académicien français Michel Serres, qui y était jeune professeur, m'a raconté que le campus fut fermé à son usage habituel pendant trois jours car affluaient des milliers d'étudiants mais aussi de personnes diverses pour « voir Piaget » ! Un genevois a ainsi vraiment porté cette question de la psychologie de l'intelligence de l'enfant au plus haut niveau, avec un très grand rayonnement international.

Mais venons-en au vif du sujet. Récemment, l'imagerie cérébrale a permis de démontrer l'existence, chez

l'enfant comme chez l'adulte, de deux formes complémentaires d'apprentissage neurocognitif : l'automatisation par la pratique et le contrôle par l'inhibition.

Dans le cas de l'automatisation, c'est initialement la partie préfrontale (avant) du cerveau qui est activée car la mise en place des habiletés nécessite un contrôle et un effort cognitif (apprendre par cœur une liste de mots, par exemple), puis ces habiletés s'automatisent avec l'apprentissage et c'est la partie postérieure du cerveau, ainsi que les régions sous-corticales, qui prennent le relais.

Dans le cas inverse (désautomatisation), il s'agit d'apprendre à inhiber les automatismes acquis pour changer de stratégie cognitive. L'imagerie cérébrale a permis de montrer le changement qui se produit dans le cerveau des élèves lorsque, sous l'effet d'un apprentissage, ils passent, au cours d'une même tâche de raisonnement, d'un mode perceptif facile, automatisé mais erroné, à

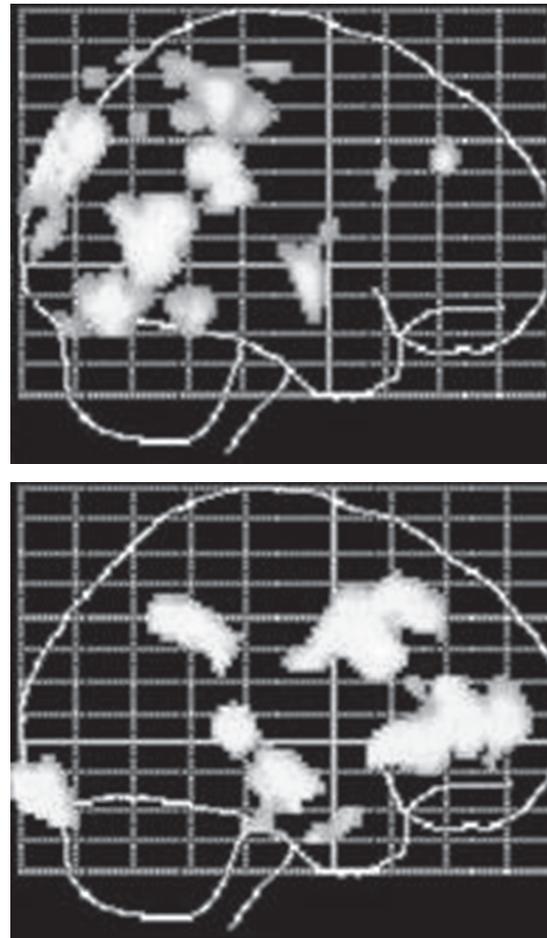
un mode logique difficile et exact [voir Figure 1]. Les résultats indiquent un basculement très net des activations cérébrales, de la partie postérieure du cerveau au cortex préfrontal – dynamique cérébrale inverse de l'automatisation.

12 Le premier type d'apprentissage – l'automatisation par la pratique – correspond aux connaissances générales, bien établies, apprises par la répétition, la mémorisation, et qui doivent être connues de tous, comme les programmes à l'école, par exemple. À l'inverse et complémentairement, le second type d'apprentissage – le contrôle par l'inhibition – fait appel à l'imagination, à la capacité à changer de stratégie de raisonnement en inhibant les automatismes habituels. C'est « Apprendre à résister », titre de mon livre dont une nouvelle édition augmentée paraît en septembre 2017¹.

À l'école, depuis toujours, on apprend surtout par la répétition, la pratique et l'automatisation. C'est très bien mais, comme on vient de le voir, le cerveau des élèves doit aussi apprendre à raisonner par le schéma inverse : inhiber ses automatismes. Il serait donc très utile de développer à l'école une pédagogie du cortex préfrontal, notamment l'exercice de la capacité d'inhibition du cerveau. L'inhibition est, en effet, une forme de contrôle attentionnel et comportemental qui permet aux enfants de résister aux habitudes ou automatismes, aux tentations, distractions ou interférences, et de s'adapter aux situations complexes par la flexibilité. C'est un signe d'intelligence. Le défaut d'inhibition peut expliquer des

Figure 1

Visualisation par l'imagerie cérébrale d'un effort d'attention et de contrôle inhibiteur chez les élèves lors d'une tâche de raisonnement logique, avant (à gauche) et après (à droite) un apprentissage cognitif réalisé en interaction sociale avec un professeur (Cliché O. Houdé, CNRS).



¹ Houdé, O. (2017). *Apprendre à résister: pour l'école, contre la terreur*. Paris, Le Pommier (nouvelle édition largement augmentée).

difficultés d'apprentissage (erreurs, biais de raisonnement, etc.) et d'adaptation tant cognitive que sociale.

Par exemple, une erreur massive observée à l'école élémentaire concerne les problèmes dits «additifs» à énoncé verbal: «Louise a 25 billes. Elle a 5 billes de plus que Léo. Combien Léo a-t-il de billes?». La bonne réponse est la soustraction $25-5=20$, mais souvent les enfants ne parviennent pas à inhiber l'automatisme d'addition déclenché par le «plus que» dans l'énoncé, d'où leur réponse erronée: $25+5=30$. En orthographe, fréquemment les enfants d'école élémentaire font la faute «je les manges». Ce n'est pas qu'ils ignorent la règle selon laquelle il n'y a pas de s à la première personne du singulier dans les verbes du premier groupe (manger, trouver, etc.), mais ils sont incapables d'inhiber l'automatisme «après les, je mets un s». La tentation est ici trop grande pour eux, en raison de la proximité du terme «les» dans la phrase. L'enfant doit donc apprendre à inhiber, grâce à son cortex préfrontal, cette réponse dominante et automatique, pour avoir la flexibilité d'appliquer une autre stratégie de son répertoire orthographique. On pourrait croire que cela ne concerne que les enfants. Mais combien de e-mails ne reçoit-on pas de collègues ou amis qui écrivent «je vous le direz» au lieu de «je vous le dirai». C'est exactement le même défaut d'inhibition frontale, renforcé par la rapidité de l'écriture électronique.

La pédagogie du cortex préfrontal est donc une pédagogie pour la vie! Il ne suffit pas de connaître les règles (par la pratique, la répétition, etc.); il faut en permanence inhiber nos automatismes. Tant en France qu'au Canada (l'équipe d'Adele Diamond à Vancouver notamment) des

expériences d'interventions pédagogiques pilotes de ce type sont aujourd'hui menées dans les écoles, dès la maternelle, pour exercer le «contrôle cognitif»: inhibition, flexibilité, etc.². Elles sont directement issues de la meilleure compréhension que nous avons des mécanismes d'apprentissage du cerveau.

Bien avant les neurosciences, des jeux enfantins très classiques avaient eu l'intuition de déjà exercer le cortex préfrontal. Rejouons-y à la maison ou à l'école, c'est très bon pour le cerveau! Par exemple, «1, 2, 3 soleil» où il s'agit de bien écouter les mots prononcés et d'inhiber momentanément sa course après le mot «soleil». Ou encore «Jacques a dit» où il s'agit d'inhiber ses actions quand l'ordre ne commence pas par «Jacques a dit». Ou encore le fameux «Ni oui, ni non» où il s'agit d'inhiber ses réponses oui et non. Il y a également «l'inhibition totale» tel le «jeu de la statue» (ne plus bouger du tout), ou le calme et le silence qui s'apparentent aux nouvelles approches dites méditatives de «pleine conscience» pour les enfants.

La célèbre théorie de Piaget, citée en introduction, a aussi pu être revisitée, dans notre laboratoire de la Sorbonne à Paris, par l'imagerie cérébrale et la théorie de l'inhibition cognitive. Au 20^{ème} siècle, la théorie des stades de l'intelligence de Piaget a profondément marqué la psychologie, le monde de l'éducation et le grand public. On sait qu'une tâche emblématique de Piaget pour tester l'intelligence de l'enfant était la conservation

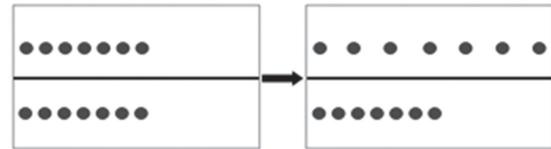
² Diamond, A., et al. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*, 333, 959-964.

du nombre. Devant deux rangées de jetons de même nombre (5 jetons par exemple) mais plus ou moins écartés spatialement dans chaque rangée, l'enfant jusqu'à 7 ans environ considère qu'il « y a plus de jetons là où c'est plus long » (rangée la plus écartée), ce qui est une erreur d'intuition perceptive. La réussite après 7 ans (réponse : « même nombre de jetons dans les deux rangées ») traduisait selon Piaget le passage d'un stade perceptif prélogique au stade de la pensée logico-mathématique concrète. Cette tâche a été reprise de façon informatisée en IRMf avec des enfants d'école maternelle et élémentaire³, révélant qu'elle mobilisait non seulement les régions du cerveau dédiées au nombre (le cortex pariétal) mais aussi les régions du cortex préfrontal dédiées à l'inhibition des automatismes : ici l'automatisme selon lequel en général la longueur varie avec le nombre [voir Figure 2]. Cela amène à réviser la théorie de Piaget en y ajoutant le rôle clé de l'inhibition cognitive comme mécanisme positif du développement de l'intelligence chez l'enfant. ●

14

Figure 2

Visualisation par l'imagerie cérébrale des régions postérieures pariétales (nombre/espace) et antérieures préfrontales (inhibition) associées à la tâche de Piaget en Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf) par des enfants d'âge scolaire. (Cliché O. Houdé, CNRS).



3 Houdé, O., et al. (2011). Functional MRI study of Piaget's conservation-of-number task in preschool and school-age children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110, 332-346

PUBLICATIONS-BIBLIOGRAPHIE

Bach, J.-F., Houdé, O., Léna, P., & Tisseron, S. (2013). L'enfant et les écrans. Un Avis de l'Académie des sciences. Paris: Éditions Le Pommier et Institut de France - Académie des sciences (267 p.). - Prix International Ro

Bideaud, J., & Houdé, O. (1991). Cognition et développement: Boîte à outils théoriques. Berne et New York: Peter Lang (153 p.).

Bideaud, J., Houdé, O., & Pédinielli, J.-L. (1993/2015). L'Homme en développement (Collection Premier Cycle: Manuel). Paris: PUF (2^{ème} édition Quadrige, 2015; 1^{ère} éd. 1993, 10 rééditions) (522 p.).

Bitbol-Hespériès, A., Bouveresse, J., Frézal, J., Giusti, E., Houdé, O., & Rodis-Lewis, G. (1998). Descartes et son oeuvre aujourd'hui. Liège: Mardaga (120 p.).

Houdé, O. (1992). Catégorisation et développement cognitif. Paris: PUF (204 p.).

Houdé, O. (1995). Rationalité, développement et inhibition: Un nouveau cadre d'analyse. Paris: PUF (146 p.).

Houdé, O. (Ed.) (1998/2003). Vocabulaire de sciences cognitives: Neurosciences, psychologie, intelligence artificielle, linguistique et philosophie (Série Grands Dictionnaires). Paris: PUF (édition Quadrige-Dicos Poche, 2003) (462 p.).

Houdé, O. (Editor in Chief) (2004). Dictionary of Cognitive Science. New York: Routledge/Taylor & Francis (Psychology Press) (428 p.). Taylor & Francis E-Book (2010).

Houdé, O. (2004/2015). La psychologie de l'enfant (Que sais-je?) [reprise du QSJ? de Jean Piaget et Bärbel Inhelder, 1966]. Paris: PUF (7^{ème} édition, 2015) (128 p.). NumiLog E-Book (2008).

Houdé, O. (2006). 10 leçons de psychologie et pédagogie (Quadrige). Paris: PUF (117 p.).

Houdé, O. (2008/2013). Les 100 mots de la psychologie (Que sais-je?). Paris: PUF (3^{ème} édition, 2013) (128 p.).

Houdé, O. (2014). Le raisonnement (Que sais-je?). Paris: PUF (128 p.). - Prix de l'Académie des sciences 2014.

Houdé, O. (2014). Apprendre à résister (Collection Manifestes). Paris: Le Pommier (96 p.). - Grand Prix de l'Académie française 2015.

Houdé, O. (2016). Histoire de la psychologie (Que sais-je?). Paris: PUF (128 p.).

Houdé, O., & Leroux, G. (2009/2015). Psychologie du développement cognitif (Collection Licence: Manuel). Paris: PUF (édition Quadrige, 2015; 1^{ère} éd. 2009, 2 rééditions) (256 p.).

Houdé, O., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (Eds.) (2002/2010). Cerveau et psychologie: Introduction à l'imagerie cérébrale anatomique et fonctionnelle. Paris: PUF (2^{ème} édition, 2010) (609 p.). - Prix de l'Académie des sciences morales et politiques 2002.

Houdé, O., & Meljac, C. (Eds.) (2000/2004). L'esprit piagétien: Hommage international à Jean Piaget. Paris: PUF (2^{ème} édition, 2004) (253 p.).

Houdé, O., & Miéville, D. (Eds.) (1993). Pensée logico-mathématique: Nouveaux objets interdisciplinaires. Paris: PUF (242 p.).

Stéphane Pagès

neurobiologiste, Département
des Neurosciences Fondamentales,
Faculté de Médecine, Genève



Cerveau et apprentissage : les bases physiologiques de la mémoire

Je m'appelle Stéphane Pagès, je suis maître assistant au Département de neurosciences fondamentales de la faculté de médecine, et je travaille dans l'équipe du professeur Anthony Holtmaat, à essayer de comprendre ces capacités extraordinaires qu'a notre cerveau à être capable de se réorganiser, selon certaines circonstances.

C'est ce qu'on appelle la plasticité cérébrale.

Aujourd'hui nous allons nous intéresser à une circonstance particulière qui induit de la plasticité: l'apprentissage.

Dans une première partie nous allons essayer d'explorer les mécanismes cellulaires qui sont à l'origine de cet apprentissage et qui font que vous et moi on est capable d'enregistrer de nouvelles informations, par exemple de mémoriser les paroles d'une chanson, d'apprendre une

recette de cuisine, mais aussi d'acquérir de nouvelles compétences.

Par exemple à faire du vélo pour les jeunes enfants, apprendre à faire du yoga, apprendre à nager, etc.

Dans la deuxième partie nous allons voir comment ces mécanismes sont à l'œuvre dans le cerveau des jeunes enfants en plein développement. Je voudrais insister sur le fait que le cerveau des jeunes enfants, dans une période de 0 à 10 ans, et même de l'embryon jusqu'au fœtus, est un cerveau qui est dans un état qui lui permet très facilement d'acquérir tous ces apprentissages.

Regardons donc ce qui se passe dans le cerveau d'un embryon jusqu'à celui d'un fœtus. Vous pouvez voir sur cette illustration trois choses essentielles. Là on a un embryon de 25 jours qui se développe jusqu'à donner un fœtus et un enfant prêt à naître. Tout ça c'est un développement qui se passe in utéro.

La première chose qu'on observe c'est qu'ici nous avons un embryon qui va devenir le futur cerveau. Déjà âgé de 25 jours la quasi totalité des structures qui seront présentes à la naissance et jusqu'à l'âge adulte sont déjà présentes. La deuxième chose évidente est que le volume du cerveau va grossir de manière incroyable pendant ces neuf mois-là. Et aussi le poids de ce cerveau va passer de quelques grammes au début de la fécondation jusqu'à plus ou moins 400 grammes au niveau de la naissance. Sachant qu'un cerveau adolescent et adulte pèsera entre 1kg 300 et 1kg 500.

18

Il est très intéressant de constater que déjà à la naissance le cerveau fait à peu près un peu plus de 20% du poids d'un cerveau adulte, mais aussi que dans la période de 0 à 2-3 ans il va y avoir une explosion du poids de ce cerveau. Il va donc être multiplié par 4- 4,5 pendant ces deux premières années.

De plus, ce poids ne va pas arrêter de croître à ce moment-là, la vitesse va diminuer mais il va continuer à se développer jusqu'à un âge assez avancé de plus d'une vingtaine d'années.

C'est donc le seul organe dans notre corps qui met autant de temps à se mûrer.

En plus de cette explosion de poids et de volume, ce qu'on observe c'est que chez un enfant la consommation énergétique du cerveau par rapport à la consommation énergétique du corps au total est extrêmement importante. Chez un enfant cela représente 65%. Sur toute l'énergie consommées par le corps, il y en a 65% qui est consommée par le cerveau et ça durant les premières

dix années chez l'enfant. Chez un adulte cette part est beaucoup plus petite, autour de 25%.

On voit qu'il se passe des choses extrêmement importantes, un grossissement des volumes, une grosse consommation énergétique de cet organe pendant ces premières années.

En tant que neurobiologiste, je m'intéresse aux cellules et à la matière qui est le substrat de tous les apprentissages et de tout ce qui vient d'être évoqué dans la conférence précédente.

La question que je me pose c'est de savoir ce qu'il y a dans un cerveau.

La réponse est: le cerveau est constitué de deux types de cellules essentiellement. Les premiers sont les neurones, ici on voit une image d'un neurone qui a été prise par un des premiers découvreurs de neurones, un neuroscientifique espagnol, Ramon y Cajal, au 19^e siècle, donc c'est un dessin qu'il a reproduit d'après des observations de neurone.

Ensuite on trouve des cellules gliales, représentées en rouge sur cette image, ici vous voyez des neurones qui ont été rendus fluorescents, neurones de rongeurs, en vert on voit les neurones, et puis en rouge les cellules gliales. Ces deux types de cellules ont des fonctions complètement différentes, je vais me focaliser plus sur le reste de la présentation sur les neurones. Les cellules gliales ont un rôle qui n'est pas complètement connu mais on se doute qu'il est important dans le développement, pour la plasticité. En effet, de plus en plus de travaux très récents décrivent leur interaction avec les neurones, mais je laisserai de côté pour l'instant.

Dans notre cerveau in utéro nous avons vu qu'il explose littéralement en terme de poids et de volume, pendant

les 38 semaines que dure une grossesse. Il va y avoir une neurogenèse c'est à dire une formation de ces cellules à un rythme incroyablement haut de 5000 neurones par seconde, pendant les 38 semaines que va durer la grossesse.

Et là on comprend pourquoi le cerveau à ce moment-là consomme beaucoup d'énergie, c'est qu'il est en train de fabriquer un nombre colossal de cellules et à une vitesse fulgurante.

Ceci va durer jusqu'à la naissance de l'enfant.

Ainsi, à la naissance de l'enfant le cerveau contient environ 100 milliards de neurones. Ce nombre est extrêmement grand et il est intéressant de noter la maturation a lieu in utero et est déjà terminée à la naissance. A la naissance les enfants ont donc plus ou moins leur stock de neurones qu'ils auront pendant toute leur vie adulte.

Vous voyez ici une image de la voie lactée qui contient 100 milliards de soleils. Nous sommes ici, c'est notre soleil avec les planètes qui gravitent autour, donc 100 milliards c'est le nombre d'étoiles qu'il y a dans notre galaxie. 100 milliards c'est aussi, si vous considérez qu'il y a 7 milliards d'habitants sur la planète en 2016 et si chaque habitant de la planète était 1 neurone alors chacun d'entre vous aurait dans son cerveau l'équivalent de 14 fois la population mondiale en terme de neurones.

Une partie de la complexité de ce système vient du grand nombre de neurones. Chacun de ces neurones est capable de communiquer avec ses semblables. Ils sont reliés par des axones, de petits câbles électriques, à travers lesquels il y a de l'information qui va circuler entre eux sous forme de petites impulsions électriques, extrêmement brèves. Maintenant si je prenais un cerveau d'une personne dans cette salle et si je déroulais

l'ensemble de ces petits câbles électriques présents, j'obtiendrais une longueur de 100 mille kilomètres de câbles électriques. Deux fois et demie le tour de la planète.

Ainsi, le cerveau est un système qui est extrêmement complexe par le nombre de neurones, par le nombre de connexions et par le haut degré de régulation spatio-temporelle de l'information qui va circuler en son sein.

Pour essayer de comprendre mieux le fonctionnement de ce système, nous allons d'abord nous intéresser à la structure d'un seul neurone puis voir comment ce neurone communique avec ses semblables.

Ici vous voyez un neurone d'hippocampe, c'est une région dans le cerveau qui est impliquée dans la formation de la mémoire. C'est un neurone de rongeur qu'on a rendu fluorescent par des techniques d'ingénierie génétique et qu'on a observé sous un microscope très puissant. On est capable ainsi d'isoler un seul neurone. Vous voyez ainsi sa structure. Je veux attirer votre attention sur sa taille. Le cœur de ce neurone mesure à peu près 10 micromètres. À quoi cela correspond-il ? Chacun de nos cheveux fait 100 micromètres d'épaisseur. On prend un cheveu dans l'épaisseur et on le coupe en 10 parties, on en prend une et bien c'est la taille du cœur du neurone. Ce qui explique qu'on puisse en compter 100 milliards sous notre crâne.

Maintenant, quel est son fonctionnement ?

Il y a trois parties essentiellement dans un neurone.

La première partie est comme une antenne. C'est une partie qui va recevoir de l'information de l'ensemble de tous ses congénères qui sont dans le cerveau. Cette

partie s'appelle les dendrites. C'est toute cette espèce d'arborescence qui fait penser à des racines d'un arbre.

Tout ça représente l'antenne du neurone. Maintenant si on fait un zoom sur cette partie, vous voyez que le long de ces dendrites on a des petites structures qui sont très fines de l'ordre de 1 micromètre, 100 fois plus fin que l'épaisseur d'un cheveu, qui sont disposées sur toute l'arborescence dendritique, on appelle ça les épines dendritiques. Des épines parce que cela ressemble à des épines d'un rosier.

Les épines dendritiques ont une fonction très particulière et extrêmement importante: c'est le point d'entrée de l'information dans le neurone. C'est exactement l'équivalent d'une prise femelle que vous voyez sur vos ordinateurs comme les prises réseau pour avoir internet. Ces épines ont exactement la même fonction, c'est l'endroit dans lequel va venir se brancher quelque chose qui va amener de l'information.

Un neurone est couvert de cette sorte de prise. Ainsi chaque neurone est capable de communiquer avec 15 000 autres neurones alentour.

Là encore on a un degré de complexité qui est haut car il y a un degré de connectivité qui est extraordinairement haut.

Ensuite l'information qui va arriver par ces épines dendritiques va converger vers le cœur du neurone, qu'on appelle le corps cellulaire ou soma. Le rôle de ce soma ici d'intégrer l'information. Il va donc prendre toute cette information et en faire quelque chose qui ait du sens pour le neurone et pour le réseau à l'intérieur duquel il est intégré. C'est le processeur de cette cellule.

Une fois que la décision est prise par la cellule de quoi faire avec toute cette information, une impulsion électrique ou des impulsions électriques qui codent pour la réponse du neurone, vont partir le long de cette dernière structure qu'on appelle un axone. Il s'agit d'un petit câble électrique qui va envoyer de l'information vers le reste du réseau.

C'est donc un petit câble très fin, plus fin que les dendrites et dépourvu d'épines.

En revanche il a sur tout son long des petites structures qu'on appelle des boutons axonaux et qui sont en fait l'équivalent de prises mâles, l'équivalent de prises internet.

Donc ce neurone a des prises femelles sur ses dendrites, un centre de calcul au corps cellulaire et il y a une structure pour relayer l'information vers le reste du réseau avec un ensemble de boutons axonaux.

Maintenant voyons comment deux neurones sont capables de communiquer entre eux.

Ici vous voyez un neurone qui est celui qui va émettre de l'information. Son corps cellulaire, son axone et ici vous voyez cette structure, c'est le bouton représenté ici par une prise mâle.

Cette balle-là représente une information codée de manière électrique (brève impulsion).

Ici nous avons un neurone qui est le neurone récepteur de l'information avec son arborescence dendritique rappelez-vous c'est l'antenne et avec ses épines dendritiques qui sont les prises femelles.

L'information va passer du premier neurone au deuxième neurone et arriver ici à un point de connexion.

Et ce point de connexion c'est un endroit très particulier de nos neurones et on appelle ça une synapse. Cette structure est composée d'une partie pré synaptique, donc c'est la partie bleue c'est la prise mâle qui vient du premier dendrite qui donne l'information et elle est constituée d'une partie post synaptique qui appartient au second neurone, celui qui reçoit l'information, et celui qui a la prise femelle.

C'est comme ça que les neurones communiquent entre eux.

Depuis maintenant une quinzaine d'années, les neurosciences fondamentales disposent d'outils qui nous permettent de cultiver des neurones mais aussi d'observer des neurones rendus fluorescents dans des animaux vivants, des rongeurs en l'occurrence. L'image que vous voyez ici est celle d'un cortex d'une souris. Vous pouvez voir ici une dendrite. La partie que vous voyez là représente des épines dendritiques.

Et sur cette image on a marqué un seul neurone, donc on ne voit pas le partenaire pré synaptique mais il y est bel et bien présent.

Le professeur Anthony Holtmaat dans l'équipe duquel je travaille, a développé autour des années 2009-2010 une technique unique au monde qui permet de visualiser ces structures dans le cerveau d'animaux vivants et ce de manière chronique. On est ainsi capables de revenir jour après jour sur un même neurone et d'observer exactement les mêmes structures. C'est ce que vous pouvez voir ici.

La première question posée a été de savoir si ces épines étaient stables dans le temps ou au contraire si elles étaient constamment en train d'apparaître de de disparaître. La première observation qu'ils ont faite, qui ne

provient évidemment pas d'un seul exemple, mais de beaucoup de souris, est qu'une grande majorité d'épines dendritiques sont stables, et seulement une minorité change en permanence.

Ils ont vu aussi qu'une stimulation sensorielle avait un effet sur les dynamiques de ces épines. Pour le montrer, ils ont coupé les moustaches d'une souris, simplement d'un côté, puis ils ont été voir dans la zone du cortex qui est dédié au traitement de l'information qui vient spécifiquement de ces moustaches. Ils ont alors enregistré comment ces épines dendritiques se comportaient dans le temps. Étaient-elles stables ou pas ?

Ils se sont aperçus que le fait de couper les moustaches à la souris augmente de manière significative le nombre d'épines dendritiques qui sont présentes sur les dendrites encore une fois dans la région qui est concernée par le traitement de l'information des moustaches.

C'est ce qu'on appelle de la plasticité structurelle. Les neurones sont capables de se remodeler physiquement, de faire apparaître des nouvelles connexions.

Qu'est-ce que cela veut dire en terme de réseau ? Comme je l'ai dit tout à l'heure une épine dendritique c'est une connexion, ça veut dire qu'on vient de créer de nouvelles connexions, entre neurones provoquées par des stimulations sensorielles.

C'est donc la première fois que cela a été démontré ici.

Maintenant la question s'est posée de savoir s'il existe un lien entre la plasticité des épines dendritiques et l'apprentissage et la mémoire.

Pour savoir si l'apparition de nouvelles épines dendritiques est le substrat ou non de la mémoire, voici

l'expérience qu'il conviendrait de mener. Commencer par imager les dendrites du cortex d'un animal puis lui faire apprendre une tâche. Ensuite, il faudrait identifier les dendrites nouvelles puis les détruire de manière spécifique. Enfin, il faudrait vérifier si l'animal a oublié sa tâche ou pas. S'il l'a oubliée c'est que les épines qui étaient apparues sont vraiment la cause de l'apprentissage...

La réponse à cette question a été apportée l'année dernière, par une équipe dirigée par le professeur Kasai de l'Université de Tokyo. Son équipe et lui-même ont exactement réalisé l'expérience que je viens de vous décrire ici.

22

L'expérience s'est déroulée comme indiqué sur cette figure. Ici, il y a un nid de souris avec de la nourriture dedans et posé sur une table. C'est un endroit où la souris aime être, elle s'y sent en sécurité. Ils ont posé la souris sur une plateforme transparente et relié au nid par un chemin étroit et transparent. Les souris n'aiment pas trop cela, le passage est transparent elles voient donc à travers, il n'est pas très large, 8mm de large, c'est assez long et assez haut.

L'idée est qu'ils ont posé la souris ici et puis ils ont chronométré le temps que mettait la souris à aller dans la boîte.

Avant cela ils ont par ingénierie génétique rendus fluorescents des neurones à l'intérieur du cerveau de cette souris, vous voyez un exemple ici avec les épines dendritiques.

La première couleur, c'est rouge et le rouge représente toutes les épines présentes, indépendamment du fait

qu'elles viennent d'apparaître ou qu'elles sont là depuis longtemps ou qu'elles soient induites par l'apprentissage, toutes les épines sont marquées en rouge.

Par contre, en bleu il y uniquement les épines qui ont été formées à partir de l'apprentissage.

Ici vous voyez que par exemple cette épine dendritique n'est pas bleue, car c'était une épine qui était là avant, qui n'a pas été impliquée dans l'apprentissage.

Par contre vous avez cette épine-là qui est très fortement bleue, c'est-à-dire qu'elle est apparue grâce à l'apprentissage.

La deuxième innovation de cette approche technique est qu'ils ont été capables de sélectivement effacer ces épines bleues, donc les épines faites par l'apprentissage. Et uniquement elles.

Ensuite ils se sont posé la question de savoir si la souris avait oublié sa tâche après effacement des épines concernées.

Ici vous pouvez lire le temps qu'a mis la souris pour traverser, entre le moment où on la pose d'un côté et où elle rentre dans son nid.

Premièrement, une souris naïve qui n'a pas d'entraînement prend 90 secondes à traverser le chemin pour rejoindre le nid. C'est relativement long parce qu'elle a peur. Il faut qu'elle se rende compte qu'il n'y a aucun risque et pas de danger, donc elle y va, tâtonne, elle y va mais c'est long.

Ensuite on reprend la même souris, on l'entraîne. Après entraînement elle met 9 secondes. Essentiellement on la pose et elle y va tout de suite, parce qu'elle a compris, elle a une mémoire, elle a appris qu'il n'y a pas de danger à traverser.

Ensuite, ils ont débranché ces épines bleues (i.e. celles impliquées dans l'apprentissage) et ont observé qu'après le branchement de ces nouvelles épines la souris mettait plus de deux fois plus longtemps à traverser.

Donc là elle hésitait, en fait c'était la première fois dans l'histoire de toutes les neurosciences et c'est paru l'année dernière, qu'on montrait que la formation d'épines dendritiques dans le cerveau est vraiment le substrat de la mémoire.

Ces travaux ont été extrêmement importants pour ça.

Revenons à notre cerveau d'enfant qui est en train de se développer pendant les 38 semaines de grossesse, et puis pendant la jeune enfance.

Nous venons de dire qu'on a une explosion de la taille, du poids et de la consommation énergétique du cerveau. Quel est le lien entre la première partie que je viens de vous montrer et cette dernière ?

La première chose, chez l'enfant, c'est qu'il y a une très forte augmentation du nombre et de la longueur des dendrites axones. Ce qui nous dit que ce sont les deux outils qui permettent la connexion, c'est les deux bras et les deux mains qui se tendent pour se serrer la main. Cela veut dire qu'il va y avoir une augmentation de la connectivité. Les neurones vont se connecter de manière très importante.

La deuxième chose, c'est qu'il y a une très forte augmentation du nombre de synapses qu'on va observer dans le cerveau.

Ici vous pouvez voir une partie d'un cortex d'un nouveau-né, et ce petit point, ces petites étoiles, ce

sont des neurones, et les petits fils entre les deux se sont les axones et les dendrites.

Je vous rappelle que la quasi totalité des neurones est déjà présente à cet âge. A ce moment-là il y aura peu ou pas de neuro-génèse, juste un petit peu dans l'hippocampe, les zones qui sont responsables de la mémoire, et dans le bulbe olfactif, responsable du traitement de l'information olfactive. En dépit de cette neuro-génèse adulte presque tous les neurones sont en place, le système est en place.

En revanche, il y a moins de la moitié de synapses qui sont formées, à cet âge-là.

Ainsi, on peut se poser la question de savoir ce qui est inné et ce qui est acquis ? On a au moins la moitié de ces connexions qui sont déjà en place à la naissance, probablement dû à des facteurs génétiques, probablement dû aussi en partie à ce qui s'est passé dans les derniers mois de la grossesse. Cette moitié de synapses qui sont déjà là vont pouvoir se défaire et se reconnecter plus tard. Aussi veuillez noter qu'il reste plus de la moitié des synapses à former.

Ici vous voyez le cerveau d'un nouveau-né, ici le cerveau d'un enfant trois mois après la naissance, il y a déjà une augmentation. Ici le cerveau 2 ans après la naissance. Il y a donc une augmentation énorme du nombre de connexions. On estime à peu près à 2 millions le nombre de nouvelles synapses qui sont formées chaque minute dans le cerveau des enfants dans les premières années de la vie, entre zéro et 6 ans.

On a ainsi un nombre colossal de connexions qui sont en train de se créer.

Un deuxième élément est responsable de l'augmentation du volume du cerveau : les cellules gliales. Ces cellules vont se maturer souvent jusqu'à l'adolescence et même jusqu'à une vingtaine d'années. Une des fonctions connues de ces cellules est en fait de venir entourer le petit câble électrique, l'axone, avec une gaine de gras : la myéline. Ceci induit un accroissement du volume de notre cerveau. Cette gaine va permettre à l'électricité de passer beaucoup mieux et beaucoup plus vite entre les neurones.

Ce système de maturation va prendre jusqu'à 15-20 années.

24

Je vais maintenant parler de la synaptogénèse, c'est-à-dire de la formation de nouvelles synapses. Elle a lieu à un rythme effréné pendant les 6-10 premières années de la vie.

La première observation c'est que cette synaptogénèse n'a pas lieu dans toutes les zones du cerveau en même temps.

Ici vous voyez un cerveau avec ces différents lobes. À l'intérieur de ces différents lobes il y a des zones dédiées au traitement d'une information spécifique. Par exemple, ici il y a un cortex visuel. Ce cortex, nous l'avons tous. Il est toujours positionné au même endroit et il est relié par les nerfs optiques à nos yeux. C'est cette partie du cerveau qui va traiter les informations visuelles.

Il y a la même chose pour les informations olfactives, c'est cette zone-là, auditive, somato sensorielle (la sensation, ce qu'on peut toucher). Les parties motrices sont situées ici.

Donc toutes ces zones ne vont pas se développer en même temps chez l'enfant.

La deuxième observation c'est que cette synaptogénèse, cet emballement de la machine à connecter les neurones ne va pas durer toute la vie. Il est en fait suivi d'une phase qui est extrêmement importante et qui s'appelle l'élagage synaptique. Il faut imaginer une forêt, une jungle qui est en train de se densifier un maximum, et ensuite pour faire du sens à cette densification, pour faire du sens à cet ensemble-là on va couper des zones, car il y a des zones dont on n'a pas besoin, il y a des synapses dont on n'a pas besoin, donc elles vont disparaître.

Sur ce schéma vous pouvez observer le déroulement temporel de la synaptogénèse dépendamment des zones du cerveau.

Ici sur cet axe vous lisez l'âge des enfants, donc au début c'est en mois et il y a la naissance à zéro, là c'est en mois jusqu'au petit 1 ce sont des années, et ensuite de décades.

La première courbe a trait au cortex visuel et auditif. Dans ce cortex-là il commence à y avoir une synaptogénèse donc une création de connexions très tôt, *in utero*, pendant les derniers mois de la grossesse. On observe un pic autour des 3 mois puis un élagage synaptique qui va faire aboutir à la perte ces connexions. Évidemment cette explosion et puis cet élagage vont suivre les capacités cognitives et fonctionnelles de l'enfant, parce que ces systèmes qui sont des systèmes sensoriels sont les premiers qui vont maturer dans le cerveau de l'enfant. Ils ont besoin d'être opérationnels très vite, donc à cet âge-là les entrées sensorielles majeures et plus importantes pour le cerveau de l'enfant sont le visuel et l'auditif.

Pour ce qui concerne l'aire liée à la production de la parole, vous voyez que dans ce cas-là on a un décalage. On a un maximum de connectivités qui apparaît autour des 9 mois et qui va décroître ensuite. Encore une fois cela correspond à l'acquisition du langage.

Si on s'intéresse maintenant dans des zones qui sont connues pour être maturés plus tard, par exemple le cortex pré frontal, où va se jouer tout ce qui planification, toutes les tâches très complexes qu'on peut faire, aussi interactions sociales etc, elles se mûrent plus tard. Le pic de maturité arrive aux alentours des 1 à 3 ans et ensuite on assiste à la décroissance pour arriver très vite au nombre de synapses présentes à l'âge adulte.

Ce qui extrêmement important ici de réaliser est que la première partie de la synaptogénèse n'a pas forcément de sens. C'est le système qui en train de se connecter un maximum.

Par contre l'élagage a du sens. Et l'élagage dépend des expériences qui vont être vécues par les enfants. La règle est que soit la connexion est utile et elle reste, soit elle est inutile et elle disparaît.

Ici vous voyez un second exemple d'un cortex d'enfant, qui à 2 ans est au maximum de sa connectivité qui va décroître jusqu'à l'âge de 6 ans.

Encore une fois cette décroissance dépend des expériences vécues par l'enfant.

À partir de toutes ces observations, un consensus s'est dégagé sur le fonctionnement de notre mémoire. Cette figure est issue des travaux du professeur Wen-Biao

Gan de l'Université de New York. Imaginez que chaque petit point ici c'est une épine dendritique.

Juste après la naissance on a une explosion du nombre de synapses.

Ensuite dépendamment des expériences vécues par l'enfant, on va avoir un élagage qui a du sens et qui permet de raffiner le réseau pour qu'il devienne plus efficace, dans le traitement des tâches.

On perd un certain nombre de points.

L'enfant vit une expérience, par exemple on lui apprend à jouer à un jeu. Ce qui va se passer dans son cerveau, c'est qu'il va y avoir un ensemble de nouvelles synapses, ici en rouge, qui vont se former, dues à cet apprentissage, sur une échelle de temps de jours.

Si on regarde un peu plus tard au niveau de l'échelle de temps un peu plus longue, d'une semaine, il va y avoir juste une petite fraction de ces épines qui avaient été formées qui sont stabilisées, ce sont les épines rouges. Et évidemment en même temps l'enfant vit d'autres expériences, et il y a d'autres épines qui se stabilisent ce sont les noires ici.

Et de ces épines-là, si on regarde tout au long de la vie, finalement il va y avoir une très petite partie qui va se stabiliser. Mais cette partie existe. Et cette partie représente l'expérience «j'ai appris à jouer à tel jeu quand j'avais tel âge». Et ainsi de suite ici vous voyez les différentes couleurs ce sont de différentes expériences. La première c'est «j'apprends à faire du vélo», «j'apprends à lacer mes chaussures», «j'apprends à reconnaître un visage» etc..., et cela va se traduire dans le cerveau par des sous-ensembles de connections entre neurones qui sont représentés par des couleurs ici.

À l'heure actuelle c'est la vision qu'on a du substrat biologique de la mémoire dans le cerveau.

26

Maintenant je voudrais attirer votre attention sur quelque chose d'important et qui est particulièrement important pour vous, dans la pratique quotidienne de votre travail, c'est le concept de période critique. Ici vous voyez cette simple courbe, on voit l'âge de l'individu, et puis ici la facilité des apprentissages. On sait depuis quelques années qu'il y a une période pendant laquelle les apprentissages sont facilités, et cette période dépend des apprentissages dont on parle.

Ici quand la courbe monte cela veut dire que l'enfant a plus de facilité à acquérir certaines compétences ou apprentissage cognitif. Et si on dépasse cet âge cela va être un peu plus difficile, c'est la raison pour laquelle si je me mets à apprendre le japonais demain ça va être plus difficile que si je demande à un enfant qui a 2 ans d'apprendre le japonais.

On sait maintenant qu'au-delà d'un certain âge ce sont des mécanismes moléculaires d'inhibition qui sont à l'œuvre. Ici c'est une inhibition d'un ensemble de cellules qui envoient des informations en disant au système « arrête d'être malléable, stabilise-toi ». Et ce sont ces mécanismes-là qui font que cette période critique va se refermer. Les apprentissages seront plus difficiles mais toujours possibles évidemment.

Je voulais juste souligner qu'ici à la Faculté de médecine de l'Université de Genève il y a le groupe du professeur Daphnée Bavelier qui travaille justement à comprendre quels sont ces mécanismes et comment on peut les contrôler pour nous permettre éventuellement d'apprendre mieux à tout âge.

Cette période critique n'est pas la même pour tous les apprentissages.

Vous pouvez voir ici des courbes des périodes critiques et des compétences. Vous voyez que pour la vision et l'audition ce sont ces deux courbes-là. La période critique est assez longue, elle va jusqu'à 4-5 ans et est très importante dès le début de la vie. Ce qui n'est pas du tout le cas des tâches de comportement pro sociaux, par exemple, pour lesquelles, il existe un décalage dans le temps. La période critique a lieu plus tard.

En fait, le cerveau ne peut pas tout faire en même temps et puis on sait bien que le développement des enfants est séquentiel. Il est préparé pour apprendre certaines choses avant certaines autres.

Je voulais aussi introduire la notion du lien qui existe entre les d'expériences vécues d'une part et les fonctions sensorielles ou cognitives d'autre part.

Il y a une célèbre expérience faite par deux Prix Nobel de médecine en 1981, Ubel et Wisel. Ces deux professeurs travaillaient sur le système visuel des petits chatons. Ils ont fait une expérience assez simple. Ils ont pris un petit chaton et pendant le premier mois de sa vie ils ont suturé une des paupières. Et au bout d'un mois ils ont enlevé les sutures et ouvert l'œil. L'œil était en parfait état, par contre l'animal était aveugle de ce côté-là. Car en fait l'élagage synaptique qui est dépendant de l'expérience n'a pas pu se faire, le réseau n'a pas pu se former, de telle sorte que le cerveau se mature pour que l'animal voit, donc l'animal était aveugle, bien qu'il ait un système complètement fonctionnel.

Et cela a été fait pendant la période critique. Ils ont refait la même chose sur des animaux de plus âgés et dans ce cas, malgré une occlusion plus longue ils ont observé que le chaton ne devient pas aveugle.

Ainsi, le message le plus important de la présentation que je viens de faire est que les stimulations sensorielles ou cognitives que vous pouvez apporter aux enfants dans leur jeune cerveau vont provoquer un raffinement des leurs connexions neuronales, une émergence de nouvelles synapses, un élagage des synapses inutiles, et cela va modifier profondément la structure même de leur cerveau.

Je voudrais finir en vous parlant d'une expérience qui a été faite dans les années 2010 et qui est très parlante pour illustrer tout ce que je viens de dire. Cela a été fait dans le groupe du Professeur Hallam Hurt, à l'Université de Philadelphie. Dans les années 80 il y avait un vrai fléau dans les banlieues de Philadelphie il y avait beaucoup de crack qui circulait et il y avait beaucoup de toxicomanes. On estime qu'il y avait une maman sur six qui était toxicomane dans ces banlieues de cette ville.

Avec son équipe de l'hôpital pédiatrique, ils ont voulu s'intéresser au développement cérébral des enfants issus de mères toxicomanes comparées à des mères qui ne l'étaient pas.

Ils ont pris des enfants de cette banlieue âgés de 4 ans, familles à bas revenus, exposées ou non à la cocaïne, et puis ils ont regardé dans le cerveau des enfants s'ils voyaient des différences.

Ils se sont aperçus qu'il n'y avait aucune différence. Les deux groupes étaient exactement les mêmes. En revanche ils ont fait une observation particulièrement surprenante même pour eux, c'est que le QI de ces enfants était plus bas de manière significative de la moyenne des autres enfants des banlieues moins défavorisées et puis du reste des États-Unis.

Ils se sont demandés ce qui pouvait expliquer l'origine de cette différence.

Ils sont retournés dans les familles et ont essayé de discuter avec les familles et puis de voir quels étaient les facteurs encourageants des apprentissages qui étaient présents dans ces environnements. Ils ont compté le nombre de livres par enfant, ils ont noté si les enfants étaient exposés à de la musique, à quoi ils jouaient, quels jouets, interaction parents-enfant, le temps consacré, les jeux, les temps de tendresse, etc ... Ils ont ensuite essayé de corrélér cela avec les autres observations qu'ils avaient faites.

Et à leur grande surprise ils ont vu qu'il y avait une forte corrélation entre les deux. Les enfants qui avaient reçu davantage d'attention avaient un QI plus élevé. Les deux sont donc directement reliés. Et les plus stimulés ici sur le plan cognitif étaient les meilleurs après dans les activités liées au langage, en particulier, où dans les activités liées à la mémoire.

Ils ont donc montré une corrélation directe entre le niveau de stimulation et le QI de ces enfants-là.

Et ils ont même été un peu plus loin.

Ils ont suivi ces enfants jusqu'à l'âge d'une quinzaine d'années. À ce moment, ils leur ont fait passer un IRM, et ont fait des images à haute résolution de leur cerveau pour voir si leur structure était différente. À l'issue de cette expérience, ils se sont aperçus que le développement de la partie gauche de l'hippocampe, responsable de la mémoire, était développée de manière anormale chez les enfants qui avaient subi ce manque de soins dans une période uniquement autour des 4 ans.

Ils ont fait cette étude-là avec des enfants qui avaient eu des manques de soins à plus de 4 ans et les résultats montrent que le développement était normal.

C'est pendant la période critique de 0 à 5 ans que les soins, ici le manque de soins a conduit à un développement physiquement anormal du cerveau et son corollaire avec un QI qui était plus bas. ●

PUBLICATIONS-BIBLIOGRAPHIE

Dendrites in vitro and in vivo contain microtubules of opposite polarity K.W. Yau, P. Schätzle, E. Tortosa, S. Pagès, A. Holtmaat, L. Kapitein and C. C. Hoogenraad *J. Neurosci.* 32 (2016)

28

Single cell electroporation for longitudinal imaging of synaptic structure and function in the adult mouse neocortex in vivo S. Pagès, M. Cane, J. Randall, L. Capello and A. Holtmaat *Front. Neuroanat.* 9:36. doi: 10.3389/fnana.2015.00036 (2015)

Sensory-evoked LTP driven by dendritic plateau potentials in vivo F. Gambino*, S. Pagès*, V. Kehayas, D. Baptista, R. Tatti, A. Carleton, A. Holtmaat *Nature*, 515, 116-119 (2014)

Optophysiological approach to resolve neuronal action potentials with high spatial and temporal resolution in cultured neurons S. Pagès, P. De Koninck *Front. Cell. Neurosci.* 5:20 (2011)



Marie Gausse
Catherine Reverdy

chargées de veille scientifique
et d'analyse en Éducation, Institut
français de l'Éducation, École
normale supérieure, Lyon



Les neurosciences à la lumière des recherches en éducation

Nous travaillons au service Veille & Analyses qui s'attache à restituer l'actualité de la recherche en éducation à travers la surveillance, l'analyse et la capitalisation des productions scientifiques les plus récentes. Nous rédigeons également des *Dossiers de veille de l'IFÉ*, qui sont des synthèses thématiques faisant le point sur les recherches existant sur une thématique d'actualité en éducation ou en formation, et mises à la disposition des acteurs de l'éducation et de la formation (<http://ife.ens-lyon.fr/vst/DA/ListeDossiers.php>). Notre approche est pluridisciplinaire, puisque nous cherchons à restituer les résultats de recherche issus d'un champ particulièrement fragmenté, et privilégie une échelle internationale, avec une acuité particulière à l'échelon européen. Grâce à l'utilisation intensive des outils de production et de diffusion numériques, le service s'adresse désormais à un large public en France et au-delà (10 400 abonnés à notre lettre de diffusion fin 2016).

Dans un de nos dossiers de synthèses thématiques (Gaussel & Reverdy, 2013), nous nous sommes

attaquées à ce fameux pont entre neurosciences et recherches en éducation, étant beaucoup plus familières des deuxièmes que des premières. Et comme tout le monde, en travaillant sur ce sujet, nous nous sommes dit que cette nouvelle science allait révolutionner l'enseignement et qu'enfin, apprendre deviendrait non seulement plus facile, mais serait aussi désormais un plaisir pour tous! Pourtant, au fur et à mesure de nos recherches, en confrontant ce nouveau domaine de recherche à d'autres champs de recherche sur l'éducation, nous avons été amenées à émettre des réserves sur l'application des neurosciences en ce qui concerne les pratiques éducatives. Ce sont les raisons de ces réserves que nous voulons vous exposer ici, au risque de prendre le contre-pied d'autres interventions, en soulevant les zones d'ombre de l'apport des neurosciences à l'éducation.

Pour étayer notre point de vue, nous allons dans un premier temps brosser un paysage des recherches en éducation en montrant comment les disciplines

constitutives du champ forment un vaste vivier de ressources difficiles à capitaliser et à utiliser, en particulier dans le domaine de la petite enfance, et encore plus depuis l'engouement du public et des politiques envers la «neuro-éducation». Nous expliquerons enfin comment et pourquoi les neurosciences ne peuvent pas directement s'inviter en salle de classe pour des raisons matérielles, méthodologiques et éthiques.

LE PAYSAGE DES RECHERCHES EN ÉDUCATION ET SUR L'ÉDUCATION

32

Complexe et multiple, le champ des recherches en éducation s'étend sur de nombreuses disciplines, qui contribuent à développer plusieurs conceptions sur le développement et l'apprentissage des enfants et des adolescents, tant dans le contexte éducatif que dans leur milieu familial. Parmi ces disciplines, intéressons-nous aux sciences de l'éducation. Elles sont nées dans les années 1960 et ont eu pour objectif de rassembler toutes les disciplines ayant trait à l'éducation, et comprenant donc les didactiques des disciplines, la sociologie de l'éducation, l'histoire de l'éducation, les sciences du langage, la psychologie de l'éducation, la philosophie de l'éducation, etc. Pour illustrer la complémentarité de ces champs éducatifs, voici l'exemple de l'entrée dans l'écrit, thématique étudiée par ces différentes disciplines avec chacune leur propre regard :

- les neurosciences nous informent de l'existence d'une aire visuelle de la forme des mots permettant à chaque enfant de reconnaître les lettres ;
- les sciences du langage s'intéressent à la correspondance graphèmes-phonèmes qui permet d'associer

les sons aux lettres, préalable indispensable à la lecture et à l'écriture ;

- la sociologie de l'éducation a mis en évidence l'importance fondamentale de la culture de l'écrit dans nos sociétés, et le fait que les parents, à travers de simples listes de courses ou une attention particulière des parents aux livres, peuvent amener leurs enfants à mieux appréhender l'entrée dans cette culture de l'écrit.

On le voit, ces approches sont complémentaires et utiles pour prendre en compte les enfants dans toute leur complexité et leur globalité, et comprendre leur comportement dans les différents lieux où ils se trouvent. C'était bien la volonté historique de fédérer des disciplines aussi diverses qui a ainsi conduit à créer les sciences de l'éducation. Mais cela n'a pas réellement marché, et les chercheur-se-s en éducation actuels préfèrent le plus souvent se revendiquer de leur discipline d'origine. Ainsi la faculté de l'Université de Genève qui s'intéresse à l'éducation se nomme «Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation»; les didacticiens des mathématiques se revendiquent davantage des mathématiques que des sciences de l'éducation, etc.

Dans le cadre plus spécifique des recherches sur la petite enfance, la psychologie – qui étudie le développement de l'enfant en l'abordant par la dimension motrice, cognitive, affective et sociale – est très présente et les autres disciplines sont moins développées, à l'image de la sociologie de l'enfance, née dans les années 1960 et assez peu développée depuis (Sirota, 2005). Par ailleurs, les dimensions politiques sont très importantes

dans le domaine de la petite enfance, et conditionnent la manière dont on aborde ce champ de recherche. Par exemple, la question du modèle éducatif des structures d'éducation et d'accueil du jeune enfant (appellation de l'OCDE pour désigner selon les pays les crèches, jardins d'enfants, accueil préscolaire, etc.) dépend des décisions politiques et de la culture de chaque pays :

- dans les pays nordiques et d'Europe centrale, la notion de care (le soin en anglais, mais plutôt sous la forme de « prendre soin ») est primordiale. L'approche privilégiée est l'approche globale amenant au bien-être de l'enfant (prise en compte de sa santé et de son environnement familial et social). Le rôle des adultes dans ces pays consiste à organiser des espaces et du matériel qui favorisent les interactions entre enfants, propices à la fois au développement moteur et cognitif ;
- dans les pays anglophones mais aussi en France, on privilégie une approche plus axée sur le scolaire. Ce n'est plus l'enfant qui est au centre mais ses apprentissages. L'enfant est un individu à former, il doit acquérir des compétences et devenir un élève. Par exemple l'école maternelle française semble être un assemblage composite puisqu'on y retrouve plusieurs objectifs : favoriser le développement cognitif et social de l'enfant, tout en répondant à des objectifs d'apprentissages scolaires définis par des programmes officiels (Gaussel, 2014).

Dans ce paysage des recherches en petite enfance, où se situent les neurosciences cognitives ? Elles font partie des sciences cognitives, domaine spécialisé dans le

fonctionnement du cerveau et l'explication des processus d'apprentissage, et sont à la croisée de la neurobiologie et de la psychologie cognitive. Elles associent le plus souvent les techniques utilisées en neurobiologie (la plus connue étant l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle) avec les résultats et les expérimentations de la psychologie cognitive.

Prenons un exemple. Une expérimentation réalisée à l'Institut de sciences cognitives de Lyon cherche à mieux comprendre la manière dont les enfants réalisent une opération simple (addition, soustraction, multiplication) : la question est de définir si le résultat du calcul auquel parvient l'enfant provient d'un rappel de la mémoire (ce qui semble le cas pour la multiplication) ou bien d'un calcul ultrarapide à partir d'une ligne mentale sur laquelle un « curseur » se déplacerait (pour les additions et les soustractions). Ce calcul ultrarapide proviendrait d'une activation de réseaux neuronaux, la vision des signes + et - déclenchant l'utilisation de la ligne mentale avant même que les chiffres n'apparaissent. Cette hypothèse est issue de la psychologie cognitive et l'apport de l'IRM fonctionnelle est de fournir une plus grande précision dans les résultats expérimentaux. Pour l'instant, les chercheurs travaillant sur cette expérience ne savent pas comment ils vont pouvoir utiliser ces résultats en classe, à moins de réaliser une étude de psychologie cognitive qui pourrait confirmer ou infirmer les résultats obtenus par neuro-imagerie.

Comme l'illustre cet exemple, le rôle des neurosciences cognitives, au niveau expérimental, est d'apporter un éclairage nouveau sur des débats souvent anciens, ou de permettre l'émergence de nouveaux questionnements en psychologie cognitive. À un niveau plus général, les neurosciences ont indéniablement apporté des

éléments utiles à la compréhension du fonctionnement du cerveau. Comprendre que le cerveau est plastique permet en éducation de savoir que les apprentissages peuvent se faire tout au long de la vie, que l'environnement scolaire et familial, ainsi que les expériences individuelles modèlent le cerveau de chaque enfant de manière unique, et qu'il faut en tenir compte lorsque l'on est éducateur-trice. D'autres mécanismes cérébraux sont mis en évidence, comme le recyclage neuronal, c'est-à-dire la création de nouvelles synapses¹, ou le renfort ou la suppression d'autres synapses par le phénomène d'élagage; le principe de l'inhibition, pour résister aux automatismes cognitifs afin de s'adapter à des situations plus complexes grâce à la flexibilité de ses circuits neuronaux; l'importance de l'attention qui permet de filtrer et de sélectionner les informations pertinentes, qui indique que c'est à l'enseignant-e de tenir ses élèves « en alerte » et faciliter ainsi une concentration sélective des enfants sans dispersion.

LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

Intéressons-nous de plus près au phénomène de plasticité cérébrale. Qu'entend-on par là? La neuro-imagerie montre qu'il y a deux fois plus de connexions à l'âge d'un an qu'à l'âge adulte car le nombre de synapses augmente considérablement lors de la première année.

¹ Les synapses sont le lieu d'échange de l'information entre les différents neurones. Lorsqu'on stimule un neurone (par une stimulation externe ou par un processus mental), il répond en créant un signal électrique (ou influx nerveux) qu'il transmet par l'intermédiaire de l'axone jusqu'à la synapse (voir l'animation sur le neurone de l'université Claude Bernard-Lyon 1). Là, des neurotransmetteurs chimiques sont libérés et provoquent un nouveau signal électrique qui se transmet par une dendrite au deuxième neurone. Ces signaux se propagent ainsi de neurone en neurone, créant un véritable réseau de l'activité du cerveau.

Graduellement durant l'enfance, le nombre de synapses décline par effet d'élagage déclenché par l'influence de l'expérience. Ce processus constitue le facteur clé de la plasticité du cerveau et représente sa capacité d'adaptation à son environnement. On parle de deux types de plasticité: la plasticité intrinsèque et la plasticité extrinsèque. Les enfants, comme les bébés animaux, ont besoin de faire un certain type d'expériences à des moments donnés de leur développement en utilisant des comportements et des compétences propres à leur espèce comme l'audition, la vision, le mouvement, le langage: c'est la plasticité intrinsèque. La plasticité extrinsèque est activée tout au long de la vie pour permettre l'apprentissage de compétences transmises socialement comme la musique, la lecture, ou encore le jeu d'échecs. Cette plasticité était déjà pressentie par les psychologues sous le concept d'éducabilité cognitive, qui comprenait la perception d'une intelligence évolutive. Alfred Binet, au début du XX^e siècle, pensait déjà que les capacités intellectuelles n'étaient pas complètement fixées génétiquement, en opposition aux thèses innéistes, mais qu'elles se construisaient sous l'effet de l'expérience.

Jean Piaget a également montré que l'enfant construit ses propres connaissances et les structures de son intelligence à travers l'activité qu'il développe dans son environnement. Les chercheurs de l'École genevoise, dans le prolongement de ses travaux dans les années 1980, vont plus loin: ils cherchent à voir quels processus stimulent les capacités cognitives, pas seulement les processus qui les développent. Selon eux, il faut placer les sujets dans des situations de conflits sociocognitifs provoqués par l'environnement social (parents, pairs mais aussi enseignant-e-s ou éducateur-trice-s) afin de

faire évoluer la cognition. Le concept de plasticité cérébrale vient confirmer qu'un individu peut apprendre tout au long de sa vie, qu'il n'existe pas de déterminisme ni de théorie innéiste de l'intelligence. Cette éducatibilité cognitive contredit la notion d'un quotient intellectuel figé qui servirait dans les faits à catégoriser les êtres humains (della Chiesa, 2013).

On le voit, les processus d'apprentissage sont ainsi influencés par le contexte, ce qui est le cas à l'école et dans les structures d'accueil du jeune enfant. Même si la formation rapide de synapses est commandée par le programme génétique de l'individu l'élagage, quant à lui, est lié à l'environnement et l'expérience. Les expériences faites par le jeune enfant jouent ainsi un rôle essentiel dans l'élagage et la stabilisation des circuits neuronaux. Par exemple les jeux auxquels s'adonnent les jeunes enfants vont participer à la construction des réseaux neuronaux et au développement de telle ou telle capacité. On désigne, sous le terme de métacognition, les connaissances et les procédures de contrôle qu'une personne met en œuvre pour gérer son propre fonctionnement cognitif. Au contact de l'environnement, des réseaux d'interactions entre aires cérébrales s'établissent et se construisent petit à petit pour former les modules structurés et spécifiques que l'on connaît dans les cerveaux adultes.

NAISSANCE DE LA NEURO-ÉDUCATION

Les résultats en neurosciences cognitives indiquent ainsi soit la manière dont fonctionne le cerveau lors d'une tâche d'apprentissage ciblée, soit des principes généraux applicables dans la vie de tous les jours. Les neurosciences ne sont donc pas tournées naturellement vers une application dans l'enseignement, puisque

les expérimentations ne peuvent se faire en contexte scolaire directement. Pourtant, à la fin des années 2000, suite à un rapport de du Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement (CERI, 2002) qui parle d'une nouvelle « science de l'apprentissage », on assiste à un véritable engouement du public, des médias et des politiques éducatives (qui continue encore à l'heure actuelle) à propos de l'application des résultats neuroscientifiques au domaine éducatif. Cet engouement est-il dû aux seules potentialités incroyables des résultats des neurosciences cognitives dans les salles de classe? Est-il dû à la mauvaise image des recherches en éducation, issues en grande partie des sciences humaines, qui ne donnent traditionnellement pas de résultats aussi précis et a priori aussi directement applicables que leurs homologues issues des sciences expérimentales dans d'autres domaines?

Certains chercheur-se-s parlent de « neuro-éducation », une nouvelle discipline vue comme un pont qui relierait les neurosciences cognitives et les recherches en éducation. Mais cette vision est déséquilibrée, car les domaines sont très disjoints et ne communiquent pas beaucoup. Ainsi les chercheur-se-s en psychologie cognitive, à propos du fait que 90 % du développement cérébral des nourrissons se fait grâce à leur environnement, utilisent spontanément le concept de « cerveau social », développé dans les études sur les animaux vivant en groupe, et ne pensent pas à interroger les chercheur-se-s en sociologie, pourtant spécialistes des interactions sociales entre les êtres humains, et les mieux à même d'éclairer la manière d'étudier les effets des interactions sur le développement du cerveau. De leur côté, les chercheur-se-s en éducation ne connaissent pas réellement les avancées en neurosciences et ne

les utilisent pas dans leurs recherches. Ainsi le pont souhaité entre les neurosciences cognitives et les recherches en éducation n'est pas réellement effectif, et nécessite de la part des chercheur-se-s de ces domaines un intérêt et une connaissance des résultats et des méthodes.

L'APPLICATION DES NEUROSCIENCES DANS LE DOMAINE ÉDUCATIF

36

Comment alors passer du laboratoire au contexte éducatif si cette étape ne va pas de soi? Il n'est évidemment pas question de réaliser des expériences d'imagerie directement dans les établissements scolaires et sur plusieurs enfants à la fois. Les seules expérimentations qui peuvent avoir lieu en classe suite à des résultats neuroscientifiques sont des expérimentations de psychologie cognitive qui testent une hypothèse bien précise concernant une tâche d'apprentissage bien précise, comme nous l'avons vu pour les mécanismes cérébraux des enfants réalisant des opérations simples. Nous retrouvons donc les recherches «classiques» en éducation, éclairant une thématique précise par des enquêtes de terrain, qui restent à croiser avec des recherches d'autres domaines pour avoir une vision globale de l'apprentissage ou du développement de l'enfant: nous sommes loin ici de la «nouvelle science de l'apprentissage» et des discours de certains chercheur-se-s neuroscientifiques souhaitant révolutionner l'enseignement d'un coup de baguette magique². Malgré toutes ces restrictions, quand la «neuro-éducation» a fait son apparition, il y a eu beaucoup

d'enthousiasme de la part des chercheur-se-s, puis du public, des médias et des politiques. On parlait d'un mariage entre deux mondes qui serait la nouvelle base pour un enseignement efficace. Par la suite, beaucoup de chercheur-se-s sont revenu-e-s sur ce mariage entre neurosciences et éducation, ils ont émis des doutes quant à l'utilisation des neurosciences en salle de classe, mais ces questions n'ont pas été relayées par les médias et certaines croyances non étayées scientifiquement se sont propagées comme des concepts pertinents et utilisables par la communauté éducative. Comment peut-on expliquer cet emballement? La neurophilie ou la fascination du cerveau a pour origine l'attraction du public inexpérimenté pour toute information contenant des éléments neuroscientifiques légitimant à ses yeux les résultats de la recherche, d'autant plus s'ils sont accompagnés d'images du cerveau issues d'expérimentations par IRM fonctionnelle. Pourtant, si les images cérébrales montrent des changements dans l'activité des neurones, personne ne sait vraiment analyser le contenu du message ou l'état mental du sujet étudié.

La fascination pour la neuro-imagerie est telle que le concept de «lecture de l'esprit» est avancé comme si c'était un concept opératoire. Si l'image ne peut être niée (elle existe bel et bien), on la considère comme intrinsèquement valide alors qu'elle suppose une compétence et des règles d'interprétation que peu de personnes maîtrisent. Le comité national d'éthique en France parle même de déficit conceptuel à propos des interprétations d'images cérébrales (Agid et Benmakhlof, 2011) Les raccourcis utilisés par les médias (et d'autant plus si on les présente en lien avec l'apprentissage et l'amélioration des compétences cognitives) participent aux

² Voir à ce propos notre article sur le blog Eduveille (de 2013): «La guerre des sciences».

mauvaises interprétations de la recherche, qui peuvent très vite déboucher sur la création de neuromythes. Sur un fond de mauvaises interprétations (les neuromythes), d'exploitations commerciales et d'implantation zélée et imprudente des résultats de la recherche, il est nécessaire de prendre des précautions en termes de responsabilité et d'éthique contre la prolifération de fausses théories.

Le succès de ces théories simplistes, qui expliquent tous nos comportements par la biologie, tient au fait qu'elles sont finalement rassurantes. Elles nous donnent l'illusion de comprendre et de se sentir moins responsables de nos actes (Vidal, 2011). Les écarts entre les observations scientifiques, leur interprétation et leur présentation par les médias sont souvent considérables, mais sont peu reconnus. Selon le Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement de l'OCDE, les neuromythes sont des «*croyances battues en brèche par la science mais largement répandues et relayées, par divers vecteurs, dans l'esprit du profane*» (CERI, 2007). Voici quelques exemples de neuromythes :

- dire que l'on ne peut plus apprendre certaines choses après un certain âge se révèle aujourd'hui un neuromythe. De nombreuses études ont montré que le cerveau restait plastique tout au long de la vie;
- on sait aujourd'hui que la sexualisation du cerveau s'effectue au stade embryonnaire mais uniquement de façon physiologique pour les fonctions de reproduction. Il n'y a pas, et ce malgré des idées déterministes fortement ancrées, de différences entre les cerveaux masculin et féminin en termes de capacité ou de comportement intellectuel: «*L'humain est*

d'abord le produit d'une histoire culturelle et sociale» (Vidal, 2011) ;

- malgré des mises en garde répétées contre les théories des styles (Coffield *et al.*, 2004), ce type d'approche est encore utilisé dans de nombreux dispositifs de formation ou d'enseignement de nombreux enseignant-e-s sont persuadé-e-s que chaque élève apprend selon un style bien déterminé (auditif, visuel ou kinesthésique ou VAK). Cette croyance n'est cependant pas étayée scientifiquement: rien ne prouve que les styles existent ni qu'ils puissent aider en quoi que ce soit l'apprentissage des élèves, mais ils ont pourtant un grand succès et peuvent être utilisés de bonne foi en classe, apportant malheureusement un risque, cette fois-ci bien réel, de stigmatisation des élèves et de limitation de leurs capacités d'apprentissage.

L'usage diagnostique, pronostique et thérapeutique de la neuro-imagerie a permis de progresser de manière remarquable dans la prise en charge des patients atteints d'affections cérébrales et dans la connaissance de celles-ci. Néanmoins, pour ce qui est des mécanismes cognitifs, il existe encore de nombreuses interrogations quant aux méthodes employées et à la faible valeur statistique due en partie à la taille des échantillons, qui sont soulignées par certains neuroscientifiques. Il devient nécessaire d'indiquer les points de vigilance concernant l'utilisation de la neuro-imagerie liée à l'enseignement: les résultats de neuro-imagerie recueillis jusqu'à présent ne permettent pas de décrire à ce jour de façon précise la relation du cerveau à la pensée. On ne peut parler de relations de causalité identifiées par l'IRM fonctionnelle. Les termes qui cherchent à rendre compte de cette

relation attestent de difficultés aussi bien expérimentales que théoriques et d'un déficit conceptuel qui est indicatif de la prudence nécessaire avec laquelle doit se faire l'interprétation des images recueillies par IRM fonctionnelle. Nous sommes loin d'une sorte de suivi pas à pas de la pensée comme on l'entend parfois dans les médias. Il est pourtant indispensable de ne pas succomber à cette fascination, l'image doit être considérée comme un appoint permettant d'améliorer la probabilité d'une bonne interprétation.

38

Dans ce cadre, les chercheur-se-s neuroscientifiques et les chercheur-se-s en éducation ont un devoir éthique vis-à-vis de la société de communiquer clairement sur leurs recherches (et leurs limites), et les acteur-trice-s du système éducatif doivent de leur côté être suffisamment informés pour éviter toute dérive préjudiciable aux enfants³.

Pour conclure sur ces relations complexes entre neurosciences et éducation, nous pouvons dire que les apports des neurosciences consistent à remettre en question certaines pratiques éducatives qui ne conviennent pas aux enfants, comme l'utilisation abusive de certains résultats neuroscientifiques appelés « neuromythes » ou le recours systématique à l'apprentissage par cœur, peu adapté à ce que l'on sait du fonctionnement du cerveau. En aucun cas les résultats neuroscientifiques ne doivent être pris à la lettre, ils doivent être pris en compte dans le contexte éducatif particulier des établissements et en coopération avec les acteurs et actrices de l'éducation. Le cadre et l'environnement des enfants doivent ainsi

être construits par les professionnel-le-s de l'éducation à la lumière de toutes les recherches disponibles en éducation, pour aborder l'enfant dans sa globalité, et non en prenant un seul point de vue, forcément restrictif, de ces recherches. L'éducation des jeunes enfants est un contexte particulièrement fragile, qui demande que l'on considère les questions d'éthique avant toute expérimentation ou application directe d'expérimentation, pour veiller à ce que les enfants ne soient pas pris pour des cobayes et soient respecté-e-s. Souhaitons que l'effet de mode des neurosciences n'entraîne pas les professionnel-le-s de l'éducation dans des dérives dommageables pour les enfants mais leur permette simplement d'amorcer une réflexion conciliant tous les résultats de recherche avec leurs pratiques quotidiennes, riches de savoirs d'expérience que bien souvent les neurosciences redécouvrent. ●

RÉFÉRENCES

Agid Yves & Benmakhlof Ali (2011). Enjeux éthiques de la neuroimagerie fonctionnelle. Avis n° 116. Paris: Comité consultatif national d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé.

Brisset Christine (2010). « Entre recherche sur le développement du jeune enfant et prescriptions officielles pour la maternelle ». Carrefours de l'éducation, n° 30, p. 57-90.

Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement (CERI) (2007). Comprendre le cerveau: Naissance d'une science de l'apprentissage. Paris: OCDE.

Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement (CERI) (2002). Comprendre le cerveau: vers une nouvelle science de l'apprentissage. Paris: OCDE.

Coffield Franck, Moseley David, Hall Elaine & Ecclestone Kathryn (2004). *Should we be using learning styles? What research has to*

3 Voir à ce propos notre article sur le blog Eduveille (de 2013): « Le point de vue de l'Inspection générale sur deux expérimentations ».

say to practice. London: The Learning and Skills Research Center.
della Chiesa Bruno (2013). Our learning/teaching brains: What can be expected from neuroscience, and how? What should not be expected from neuroscience, and why? Proceedings of the 2013 Research Conference. How the Brain Learns: What lessons are there for teaching? (pp. 3-6). Melbourne: Australian Council for Educational Research.

Gausse Marie (2014). Petite enfance: de l'éducation à la scolarisation. Dossier de veille de l'IFÉ, n° 92, avril. Lyon: ENS de Lyon.

Gausse Marie & Reverdy Catherine (2013). Neurosciences et éducation: la bataille des cerveaux. Dossier d'actualité Veille & Analyses, n° 86, septembre. Lyon: ENS de Lyon.

Sirota Régine (2005). «L'enfant acteur ou sujet dans la sociologie de l'enfance, Évolution des positions théoriques au travers du prisme de la socialisation », dans Bergonnier-Dupuy, G. (éd.). *L'enfant acteur et/ou sujet au sein de la famille*. Paris: Érès, p. 35-42.

Vidal Catherine (2011). «Le cerveau a-t-il un sexe?». In Dugnat Michel, Féminin, masculin, bébé. Toulouse: Érès, p. 55-66.

Josette Serres

docteure en Psychologie
du développement, Paris



Les pratiques pédagogiques des crèches à l'appui de la recherche

Apprendre dans l'action

Les professionnels de la petite enfance ont choisi ce métier par amour des enfants mais aussi par conviction qu'ils peuvent aider l'enfant dans son développement en lui donnant des bonnes bases. Mais en quoi consiste cette mission pour un enfant de moins de trois ans ? À la crèche, on parle « d'accueillir » un enfant en favorisant la sécurité affective, en assurant la continuité avec la maison, en respectant les rythmes de chacun, en les aidant à grandir. L'accueil collectif est considéré comme un bon apprentissage de la future condition d'écolier. Mais on parle aussi de plus en plus de la mission « éducative » des professionnels. En France, une partie des professionnels en crèche a reçu une formation d'éducateur. Alors, faut-il accueillir ou éduquer ? La balance penche de plus en plus vers une mission éducative des professionnels, matérialisée par l'écriture d'un projet pédagogique. Cette mission éducative devrait reposer sur des connaissances explicites des capacités d'apprentissages pendant les trois premières années de la vie. Hélas, rien de tel dans les formations ! Les professionnels combinent

tant bien que mal des connaissances souvent obsolètes et des a priori sur les objectifs d'une « bonne » éducation. Très souvent, ils expriment leur mission en commençant par la phrase : « il faut leur apprendre... », et s'ensuit une liste des « choses » à apprendre comme : leur apprendre à respecter les règles, à ranger, à attendre, à partager, à obéir, à être autonome, à être propre quand viendra le jour de l'école, et même aussi leur apprendre les couleurs pour faire plaisir aux parents.

Que faire pour réaliser un tel programme ? Mais surtout est-ce important ? Est-ce possible si jeune ? Que sait-on réellement des compétences des jeunes enfants et de leurs capacités d'apprentissage ?

La représentation que les adultes se font des mécanismes par lesquels le cerveau intègre une nouvelle information est certainement très floue. Ils pensent que les enfants enregistrent tout ce que nous faisons et disons comme des éponges, qu'il faut commencer tôt pour que ça « rentre » ! Est-ce si simple ?

Les recherches scientifiques sur le développement du cerveau des bébés se sont multipliées depuis ces dernières décennies mais les résultats de ces travaux ne sont pas toujours accessibles par les professionnels de terrain. Il faut donc les aider à y avoir accès par des journées comme celle-ci ou des ouvrages qui allient la théorie et la pratique, comme nous l'avons fait Laurence Rameau et moi même.

Que dit la recherche ?

Les petits humains ont deux avantages :

- Ils naissent très immatures et paradoxalement, cette immaturité va leur donner l'opportunité d'avoir un cerveau performant. En effet, le développement des connexions synaptiques amorcé in utero, va se prolonger pendant toute l'enfance et jusqu'à la fin de l'adolescence (voire même au-delà) au travers de leurs expériences.
- Leur immaturité les fait dépendre des adultes qui les entourent et qui seront leurs professeurs pendant de longues années.

LE DÉVELOPPEMENT DU CERVEAU

Il dépend donc des expériences. Lorsque l'enfant fait de nouvelles découvertes, des connexions se forment (synaptogenèse), d'autres se renforcent, d'autres s'affaiblissent et certaines disparaissent (élagage neuronal). L'efficacité des synapses est donc influencée par les informations qui sont reçues par le cerveau. Ce dernier ne fait pas le tri entre les bonnes et les mauvaises. Cette capacité du cerveau à s'adapter en réaction à son environnement est essentielle à l'apprentissage. Il fut donc favoriser les « bonnes » expériences !

Les différentes régions de notre cerveau se partagent certaines fonctions mais elles ne se développent pas toutes à la même vitesse. Le cortex préfrontal qui est le siège de nos capacités à planifier, à raisonner et à nous contrôler, ne terminera sa maturation que très tardivement (après l'adolescence).

Au cours du développement, les voies du cortex préfrontal vont relier les voies du système limbique propres à la réaction au stress et permettre aux enfants de réfléchir et d'agir de manière intentionnelle en contrôlant leurs émotions. Tout ceci prendra du temps !

Notre cerveau est beaucoup plus qu'une chambre d'enregistrement. Il est un instrument de prédiction. Il calcule en permanence les probabilités d'occurrence d'un évènement en fonction de sa répétition. Il fait des paris sur l'avenir (inférences Bayésiennes) . Il est possible de savoir si le pari est perdu en visualisant une onde cérébrale spécifique qui est la signature neuronale de l'erreur.

Chez le bébé, ces capacités sont déjà en place. Il raisonne sur les choses et les personnes en fonction de ses expériences, si minimes soient elles. Il peut anticiper les évènements et ses attentes seront alors récompensées. Une autre étape importante marque le développement du cerveau: La capacité d'inhibition. Pour un enfant, il n'est pas facile de se contrôler et cette compétence est essentielle dans de nombreux domaines pour réguler son impulsivité, ses émotions, choisir les bonnes stratégies. Liées au développement du cortex préfrontal, il faudra attendre de nombreuses années avant d'exiger d'un enfant qu'il sache se contrôler. Les adultes ont aussi parfois du mal !

APPRENDRE DANS L'ACTION

Pour apprendre, le bébé doit donc observer, agir sur son environnement en manipulant, en expérimentant, en déduisant comme un chercheur.

Le mouvement est à la base de tous les apprentissages et dépend du développement moteur. Celui-ci ne concerne pas uniquement les muscles. Notre cerveau est le chef d'orchestre qui coordonne les différentes fonctions qui entrent en jeu dans la motricité : La vision, l'équilibre, la position dans l'espace, l'audition. Le câblage cérébral entre toutes ces zones devra se réorganiser en permanence pendant le développement de l'enfant car les compétences motrices, perceptives et cognitives sont en construction. C'est un système dynamique qui tient compte des contraintes biomécaniques qui s'exercent sur les divers segments corporels et qui doivent être re-calibrées à tout moment.

Notre cerveau est un virtuose pour nous faire produire des mouvements adaptables et complexes. Le mouvement est notre seule façon d'avoir des effets sur le monde. Nous pouvons tester et acquérir de nouvelles habiletés motrices grâce aux inférences bayésiennes. Le bébé produit des mouvements pour agir sur son environnement, en tester les effets et en déduire ses compétences. Cette boucle est inscrite dans le câblage neuronal. C'est la boucle perception-action. Lorsque le système visuel est activé par la perception d'un objet, le système moteur est enclenché pour aller explorer cet objet. À cet instant, il y a deux voies qui sont sollicitées : une voie intentionnelle pour identifier l'objet et juger de son intérêt et une autre voie opérationnelle pour décider de comment s'y rendre et comment s'en emparer. Cette seconde voie est modulée par l'aspect global de l'objet.

La préparation motrice dépend de l'«affordance»¹ de l'objet, c'est-à-dire par ses propriétés physiques, ses caractéristiques morphologiques et ses possibilités d'actions. L'information perceptive d'un objet guide l'action. Les ergonomes savent rendre la fonction d'un objet compatible avec son aspect. Mais l'affordance et la fonction ne sont pas toujours liées. Pour un jeune enfant, l'affordance des objets nouveaux guideront ses explorations mais les adultes qui désapprouvent, ont oublié qu'ils ont commencé ainsi. Chez un jeune locomoteur, une chaise, une table basse incitent à grimper dessus. La surface horizontale engendre une affordance d'action. Cette exploration disparaît avec l'âge lorsque l'enfant a exploité toutes les propriétés de cet objet et celles de son corps en mouvement pour l'explorer.

43

PLACE DES ADULTES DANS LES DÉCOUVERTES DU BÉBÉ

L'enfant apprend donc en expérimentant mais il a besoin d'un bon professeur pour lui donner les bonnes conditions d'apprentissage. Des études ont montré que le jeune enfant tient compte des intentions pédagogiques de l'adulte si celui-ci a pris le temps de le regarder avant de lui faire une démonstration.

L'enfant possède une gamme d'intuitions précoces qui serviront de fondations aux apprentissages ultérieurs mais il est surtout doté d'un algorithme sophistiqué d'apprentissage à condition que les adultes favorisent le maintien de son attention, encouragent ses

¹ L'affordance est l'ensemble des caractéristiques d'un objet ou d'un milieu que peut utiliser un individu pour réaliser une action. Le nom vient de l'anglais «afford» qui signifie offrir ou être en capacité de faire quelque chose.

expérimentations, le laissent répéter ses actions pour les automatiser, le félicitent et respectent son temps de sommeil.

Entre 0 et 3 ans l'enfant va enrichir ses compétences motrices pour se déplacer, mais surtout pour explorer et agir. Il ira à la rencontre des autres et perfectionnera ses moyens de communication. Il apprendra par essais et erreurs à contrôler ses actions et ses pensées . Toutes ces découvertes se feront sous l'œil attentif des adultes qui s'attacheront à laisser l'enfant exercer sa curiosité, à se tromper sans le sanctionner. L'action est indispensable et l'erreur est source de progrès! ●

PUBLICATIONS-BIBLIOGRAPHIE

44

Auteur avec Ch. Schuhl de « petite enfance » : (re)construire les pratiques grâce aux neurosciences. Ed Chronique sociale 2015
Avec L. Rameau : « les pratiques pédagogiques des crèches à l'appui de la recherche. Ed Philippe Duval 2016



Laurence Rameau

puéricultrice, formatrice de
professionnel-le-s de la petite
enfance, Caen



Les pratiques pédagogiques des crèches à l'appui de la recherche¹

Aspects pédagogiques

UNE PÉDAGOGIE DE LA PETITE ENFANCE : L'ITINÉRANCE LUDIQUE

Comme Josette Serres nous le relate si bien, ces dernières années de nombreuses découvertes ont été faites à propos des jeunes enfants. De nouveaux savoirs ont été mis à jour sur leur être, leur développement rapide et leur manière de voir le monde. Loin d'être des adultes en miniature et des petits humains auxquels il manquerait des choses, nous constatons aujourd'hui que non seulement les bébés sont des êtres à part entière, bien différents des enfants plus grands et des adultes, mais aussi qu'ils possèdent des capacités – notamment d'apprentissage – totalement spécifiques et inouïes grâce à un cerveau pré-câblé où interfèrent la biologie et l'environnement dans lequel les relations humaines sont primordiales.

Une des grandes questions des professionnels des crèches est alors de savoir comment mettre en place des activités pédagogiques utiles aux apprentissages des jeunes enfants, c'est-à-dire comment inventer une pédagogie spécifiquement adaptée aux bébés ?

Faute d'autre modèle, une pédagogie scolaire traditionnelle leur est souvent proposée. Le plus souvent les petits sont dirigés par des adultes dans des activités dites ludiques dont le but est de produire un objet fini (qu'ils ne peuvent imaginer ou comprendre) ou de montrer aux enfants comment faire certaines actions (qu'ils n'auraient pas eu l'idée d'accomplir eux-mêmes de cette façon), alternant avec des activités dites de jeux libres où les enfants sont livrés à eux-mêmes sous la surveillance des adultes. Ceci correspond à l'idée de temps de « travail » scolaire alternant avec des temps de récréation, qui évidemment représentent des périodes bien plus longues à la crèche qu'à l'école.

47

¹ Laurence Rameau et Josette Serres, *Les pratiques pédagogiques des crèches à l'appui de la recherche*, éditions Philippe Duval, 2016

Mais ce système est-il réellement profitable aux bébés ? Non bien sûr, et ceci est démontré par les faits, car les tout-petits ne se concentrent que très peu de temps sur l'activité demandée par l'adulte et s'en désintéressent rapidement. Ce qui a fait dire aux professionnels qu'une activité devait durer peu de temps car les bébés n'étaient pas capables de se concentrer longuement. Or, nous constatons qu'ils en sont tout à fait capables, sur des expériences les intéressant réellement. Cet apparent désintéressement vient du fait qu'ils sont incapables de résister à d'autres tentations. Comment alors créer des environnements les captivant et qui sont favorables à leurs apprentissages ?

- 48 L'itinérance ludique propose une réponse pédagogique plus adaptée aux tout-petits accueillis à la crèche. Elle prend sa source auprès des pédagogues de l'enfance, comme Maria Montessori et les lois naturelles du développement de l'enfant d'une part et Emmi Pikler et la liberté motrice d'autre part. Cette liberté motrice du bébé est à prolonger par une liberté ludique et l'enfant, et le concept de l'enfant acteur de son développement et libre de ses actions, doit être poursuivi par celui d'un bébé auteur de son jeu et libre de ses déplacements et de ses apprentissages. Les professionnels s'adaptent ainsi aux nouveaux savoirs, passant d'une conception dans laquelle l'enfant est présenté avec un esprit « absorbant » à celle d'un bébé au cerveau « bouillonnant », prêt à apprendre, à créer des connections synaptiques.

L'itinérance ludique est une organisation pédagogique ouverte, un libre cheminement, permettant la construction de la conscience de soi, des autres et du monde dans lequel le petit évolue. La crèche n'est pas une

petite école. Ou alors, avec l'itinérance Ludique, elle est une école buissonnière de la pensée, puisque l'itinéraire n'est pas préétabli et enfermant, mais propre à chaque enfant qui chemine tout entier à l'intérieur d'une organisation globale. Les bébés y apprennent à organiser et à mobiliser leurs compétences motrices pour se déplacer et agir sur les objets, afin de les étudier et les comprendre. Et ils apprennent à communiquer pour interagir avec leurs semblables et les comprendre également. Autant de facteurs favorables à leur développement et à leurs futures capacités de résilience.

Lorsque les jeunes enfants ont cette possibilité, ils se tournent toujours vers ce qui les intéresse: il peut s'agir d'une personne avec laquelle ils veulent entrer en contact, d'un matériel qu'ils veulent expérimenter ou encore d'un espace à découvrir. Car l'exploration et l'expérimentation sont les deux manières d'apprendre des jeunes enfants. Lorsqu'ils peuvent circuler librement, ils sont pleinement acteurs de leurs apprentissages et n'attendent pas des adultes qu'ils organisent des activités, parce qu'ils s'ennuient dans leur salle d'accueil. La crèche est vaste et de nombreuses choses sont à découvrir. La libre circulation offre chaque jour une nouvelle aventure.

Même les plus jeunes, ceux qui se déplacent en rampant par exemple, apprécient de se rendre toujours plus loin et de franchir les seuils. Si, un temps, de petits espaces ont été dédiés aux jeunes enfants en raison de leur taille ou parce qu'ils avaient besoin d'être contenus (comme dans le ventre de leur mère) l'expérience montre que le plus grand nombre d'entre eux, sans doute ceux qui sont déjà sécurisés, et dès lors qu'ils ont acquis un premier

degré de mobilité, partent facilement à l'aventure si les portes des salles sont ouvertes. Le travail des professionnels est donc de sécuriser les autres, ceux qui ne sont pas encore suffisamment sécurisés, et ceux qui n'ont pas encore la mobilité nécessaires pour s'aventurer. Ceci afin de donner à tous les mêmes chances d'exploration, d'apprentissages. Il n'est pas nécessaire de séparer des autres les petits qui ne se déplacent pas, encore moins de les enfermer dans des parcs. Car c'est en regardant les enfants mobiles et en étant stimulés par leurs mouvements qu'ils acquièrent à la fois l'envie et des facultés supplémentaires pour bouger à leur tour.

On remarque alors que les jeunes enfants alternent entre aller au port d'attache (l'adulte ou les adultes qui les sécurisent) et s'aventurer toujours plus loin dans le jeu. Comme cela est toujours possible à tout moment, ils n'ont aucune crainte à avoir. Ils peuvent aussi choisir leur port d'attache au singulier comme au pluriel. En effet ce sont toujours les enfants qui choisissent de se rapprocher de telle ou telle personne, celle leur semblant la plus adaptée pour eux, ou la plus ouverte. Certes il faut que cette personne s'occupe régulièrement de l'enfant pour qu'un lien se crée, qu'elle soit présente tout aussi régulièrement et que l'enfant puisse compter sur elle.

Dans une équipe stable, les enfants ont vite fait de repérer l'ensemble des personnes susceptibles de s'occuper d'eux et de faire leur choix. En cas de difficulté ils savent où trouver la personne qui va les aider. Petit à petit, en grandissant ils reviennent de moins en moins souvent au port d'attache et commencent à s'attacher entre eux ou se satisfaire d'interactions sociales de plus en plus élaborées entre pairs.

Le jeu dirigé est une vague copie de l'activité scolaire dépouillée de son sens en termes d'apprentissages et recouverte d'un faux habit ludique. Dans cette pédagogie traditionnelle, les petits enfants n'apprennent rien, tel est le problème. Ils sont conditionnés, doivent obéir à des idées qui ne sont pas les leurs et qui, souvent, ne sont même pas à leur portée en termes de compréhension. Lorsqu'une éducatrice rassemble un groupe de petits de moins de deux ou trois ans, les obligeant à s'asseoir sur un tapis pour leur expliquer qu'ils vont « faire de la peinture » afin de colorier un pingouin, on peut se demander ce qu'ils saisissent réellement à ce moment-là de leur journée. Est-ce le fait de devoir s'asseoir sur le tapis et interrompre leur jeu centré sur bien autre chose ? Est-ce que le mot peinture signifie quelque chose pour ceux qui n'en ont jamais fait et aussi pour ceux qui l'ont déjà manipulée mais ne s'en souviennent pas ? Et enfin qu'est-ce que qu'un pingouin pour un enfant marchant à peine ?

N'est-on pas allé trop vite ? Ne s'est-on pas trompé de public ? Ces petits sont dans « l'agir » individuel, en imitation, ou en interaction à deux ou trois. Ils sont dans la manipulation des objets ici et maintenant, la peinture n'a d'intérêt que parce que c'est une matière étonnante : douce, colorée, qui s'étale et laisse des traces. Ils ne sont pas dans la représentation d'un pingouin ou dans le coloriage. Ils recouvrent tout en y mettant toutes les couleurs. Leur œuvre c'est de patouiller la peinture !

Être professionnel de la petite enfance c'est comprendre cela et s'inspirer de ce que font les bébés dans leurs jeux pour leur organiser un environnement dans lequel ils vont pouvoir jouer librement et interagir ensemble. Il est impossible dans la petite enfance d'avoir des objectifs

50

liés aux jeux, de concevoir des produits finis ou de se demander ce que nous devons faire faire aux enfants. Une autre pédagogie est nécessaire, celle-là même qui nous vient des bébés et qui, à chaque instant, nous interpelle : « *mais que vont-ils bien faire avec ce matériel ou ces objets ?* » Nous avons de la peinture, nous avons des feuilles, peut-être des feuilles avec des pingouins dessus, pourquoi pas ? Et alors que font les petits avec tout ça ? Étalent-ils la peinture sur les feuilles, sur leurs mains, un peu partout ou s'amuse-t-ils à découvrir qu'une feuille peut être déchirée en plusieurs morceaux ? Les pingouins les intéressent-ils ou n'en font-ils aucun cas ? C'est ainsi que les professionnels doivent travailler. Les bébés leur montrent, leur enseignent comment ils apprennent et ce qu'ils apprennent : découvrir les propriétés de la matière peinture, celle de l'objet feuille et l'ensemble des actions qu'il leur est possible d'exercer et leurs conséquences. En répétant ces actions encore et encore, ils en déchiffrent les régularités, ils en comprennent les causes et peuvent en déduire les conséquences. Une feuille se divise en plusieurs morceaux, en les mélangeant les couleurs initiales disparaissent et se modifient, et la peinture une fois étalée ne disparaît plus. Que de choses à découvrir, que de possibilités à envisager : jusqu'où est-il possible de déchirer la feuille ? Sur quels supports la peinture va-t-elle aussi rester ? Le monde des possibles est ouvert aux jeunes enfants. Il serait donc dommage de réduire leur pensée au simple coloriage d'un pingouin ! En conséquence, avec les bébés il nous faut inverser la pédagogie et se

laisser porter par les enfants, être capable de s'étonner de leurs actions¹.

Dans une crèche fonctionnant en pédagogie de l'itinérance ludique coexistent plusieurs univers, chacun étant plus ou moins spécialisé dans un type d'offre exploratoire, ceux de motricité, de manipulation, de construction, de jeux symboliques, de langage, voire des univers artistiques. Il faut admettre et accepter qu'une offre ludique à priori prévue dans un univers de motricité peut être transformée par les enfants en jeux de manipulation et inversement. Pour autant chaque univers possède ses propres limites spatiales et ses propres règles. Par exemple le sable et l'ensemble du matériel de l'univers ludique de manipulation doivent rester dans l'espace prévu et ne peuvent être transportés ailleurs, et ce même si certains enfants souhaitent explorer une chute de sable du haut du toboggan de l'univers de motricité. Certains univers complémentaires peuvent se mêler (poupées et porteurs, ou déguisements et cartons) d'autres non, par soucis de cohérence et de faisabilité dans le fonctionnement de la crèche. Chaque équipe de crèche doit faire l'inventaire de l'ensemble de son matériel ludique entrant dans le cadre de tel ou tel autre univers afin de connaître les possibilités et de remédier aux manques par l'apport de matériel.

La crèche devient alors une unité pédagogique dans laquelle chaque enfant peut avant tout bouger, trouver et créer le jeu qui l'intéresse et dans laquelle les enfants ne sont pas enfermés dans des salles. Nul besoin alors

¹ Laurence Rameau, *Pourquoi les bébés jouent ?* Editions Philippe Duval 2011

de reproduire des univers identiques dans chaque «groupe» ou «unité» ou «section». Mieux vaut mutualiser les objets ludiques pour construire des univers ludiques plus importants et ouverts à tous. De plus il est important que le nombre d'objets soit élevé afin de favoriser les interactions positives et les jeux d'imitation entre les enfants. Une fois les univers répertoriés, il convient de réfléchir et d'essayer d'organiser la concordance des différents univers proposés au même moment à tous (ou à une partie) des enfants de la crèche. L'idée n'est pas ici de proposer une succession d'activités ludiques aux enfants mais bien des univers concomitants dans lesquels ils peuvent aller et venir à leur gré pendant la durée définie par l'équipe pédagogique.

Que font ensuite les professionnels? Anne-Marie Fontaine² utilise la métaphore du phare éclairant les actions des enfants, lequel s'éteint lorsque les adultes ne cessent de se lever et de se déplacer. Ainsi, contrairement à ce que certains peuvent penser, un professionnel assis et éclairant le jeu des enfants est un professionnel bien plus efficace en termes d'éducation et d'accompagnement qu'un professionnel qui n'a de cesse de faire l'abeille ouvrière et de butiner en virevoltant d'une tâche matérielle ou de soin à une autre. Il est nécessaire de bien réfléchir à cette place physique de l'adulte professionnel qui doit à la fois devenir un lien de sécurité pour l'enfant, un port d'attache dans l'espace où il se trouve et aussi une personne ressource d'étayage au niveau de ses apprentissages. Si le phare s'éteint trop souvent, l'enfant ne peut avoir confiance

en lui; si le phare est trop présent ou trop proche, voire trop intervenant dans le jeu de l'enfant, alors il l'éblouit plus qu'il ne l'éclaire; si enfin le phare est trop loin physiquement ou psychologiquement (parce que l'adulte ne s'intéresse pas vraiment à ce que font les enfants, a l'esprit ailleurs ou est préoccupé), alors l'enfant est seul, même en présence de l'adulte.

De plus l'intérêt des professionnels porté sur les actions des enfants doit conduire ces derniers à forger leur confiance non seulement envers les adultes mais aussi en eux-mêmes. Dans le premier cas on retrouve la théorie de l'attachement. C'est-à-dire: dans une situation difficile, vers qui puis-je me tourner? Vers une personne en laquelle j'ai confiance, à laquelle je suis attaché. Et nous savons aujourd'hui que l'enfant forme de tels liens avec plusieurs personnes – pas uniquement avec sa mère – celles-ci devenant alors des «figures d'attachement»; ce que peuvent être les professionnels de la crèche. Dans notre culture, cette base de sécurité est au service de l'exploration et donc des apprentissages. Et dans le second cas, si l'adulte croit (et est capable de le montrer) que chaque enfant construisant son jeu y trouve non seulement du plaisir mais aussi apprend, alors il envoie le message suivant: *«ce que tu fais est primordial pour toi et je suis heureux (se) de t'accompagner et de t'encourager à poursuivre.* Ainsi, s'étonner positivement des idées des enfants, admettre que – même si nous n'aurions pas fait ainsi – ce qu'ils essaient a du sens, du panache et est talentueux, relève du rôle éducatif des professionnels de la petite enfance, comme de celui des parents.

² Anne-Marie Fontaine, *L'observation professionnelle, un travail d'équipe*, Philippe Duval 2011

L'itinérance ludique n'est pas une destination mais un cheminement pédagogique. Elle montre du doigt une direction. Il convient ici ne pas regarder le doigt mais de porter son attention vers le but : une meilleure éducation des jeunes enfants. Et si cette proposition pédagogique dépasse un jour les murs de la crèche pour franchir ceux de l'école maternelle, alors les professionnels de la petite enfance en ressentiront une fierté bien légitime, pour en être à l'origine, eux qui sont des pédagogues de la petite enfance. ●

PUBLICATIONS-BIBLIOGRAPHIE

52

Le lendemain des crèches

A la crèche il était une fois

Pourquoi les bébés jouent

Les incroyables aventures des bébés

Les savoirs du bébé

L'ABébéc de la petite enfance

L'accueil en crèche

Osons la petite enfance

Les maisons d'assistantes maternelles

Un bébé à la crèche

Assistante maternelle pédagogue de la petite enfance

Les pratiques pédagogiques des crèches à l'appui de la recherche



Sharon Peperkamp

directrice du Département d'Études cognitives,
École normale supérieure, Paris



L'acquisition du langage chez le bébé

Mireille Babineau¹ et Sharon Peperkamp²

¹ Chercheur post-doctorante

² Directrice de Recherche au CNRS

Laboratoire de Sciences Cognitives et Psycholinguistique
Département d'Études Cognitives
École Normale Supérieure
29 Rue d'Ulm, 75005 Paris, France

INTRODUCTION

Le langage humain est un système indiscutablement complexe. Les bébés sont heureusement dotés d'incroyables habiletés perceptuelles et cognitives leur permettant d'apprendre rapidement une ou plusieurs langues. Au tout début de leur vie, les bébés sont immergés dans un monde de sons dépourvus de sens. La simple reproduction de ces séquences de sons représente un défi majeur, dû aux limites de leur appareil vocal. Quoi qu'il en soit, le déroulement de l'acquisition langagière est extrêmement rapide. Ainsi, les parents peuvent observer que dès l'âge de 3 mois leur bébé se met à gazouiller, c'est-à-dire à produire des sons vocaliques, puis commence à babiller, c'est-à-dire à produire des séquences de syllabes telles que «tatata dadada», vers 7 mois. Autour de l'âge de 12 mois, les bébés réussissent à prononcer leurs premiers mots, puis leurs premières phrases un an plus tard. Après l'âge de 3 ans, les enfants peuvent tenir une conversation et arriver à raconter une histoire. L'acquisition est encore plus

rapide si l'on considère le versant réceptif, à savoir la perception de la parole et la compréhension du langage. L'appareil auditif des bébés leur permet de capter les sons extérieurs à l'utérus dès le 6^e mois de gestation. Ainsi, les nouveau-nés reconnaissent déjà la voix de leur mère, puisque certaines propriétés acoustiques sont perçues et encodées avant leur naissance. Les nouveau-nés ont aussi un avantage important vis-à-vis des adultes : ils ont une perception universelle des sons de la parole. Contrairement aux adultes, ils sont capables de percevoir des distinctions entre des sons de n'importe quelle langue, ce qui leur permet d'apprendre n'importe quel système sonore pendant la première année de vie. De même, bien que l'articulation des mots représente une habileté motrice très complexe à maîtriser, la compréhension de ces mêmes mots est possible dès un très jeune âge. S'il est possible d'extraire certaines tendances universelles tenant compte du déroulement de l'acquisition langagière et ce, peu importe la langue à laquelle l'enfant

est exposé, il faut toutefois préciser que la présence d'un mécanisme d'acquisition langagière n'engendre pas une trajectoire exemptée de variabilités individuelles. Ainsi, chez un échantillon de bébés américains, des questionnaires remplis par les parents indiquaient qu'ils ont en moyenne 25 mois lorsqu'ils produisent 400 mots, mais les 10% les plus rapides atteignent ce seuil dès l'âge de 20 mois et les 10% les moins rapides à 30 mois (Fenson et al., 1994). L'acquisition langagière est certes très rapide pour tous les bébés, mais il est évident qu'elle est aussi soumise à beaucoup de variabilité, même au sein de la population normale.

56 Un mystère reste encore à être élucidé: Comment les bébés arrivent-ils à maîtriser une ou plusieurs langues en si peu de temps? Quel est leur secret? De nos jours, les scientifiques connaissent bien la puissance de deux ingrédients qui, lorsque combinés, permettent de créer la magie de l'acquisition du langage: une exposition à une langue et un mécanisme d'acquisition spécialisé. Le premier ingrédient est bien simple. Un bébé qui n'entend pas une langue naturelle n'apprendra pas de langage. On estime qu'il y a près de 6 000 langues sur la planète et l'enfant a le potentiel d'apprendre celle ou celles parlée(s) dans son environnement. Le deuxième ingrédient est plus complexe. Il s'agit du mécanisme spécialisé qui permet l'acquisition du langage. Ce mécanisme est spécifiquement humain et déterminé par notre patrimoine génétique. Dans le règne animal, les humains sont la seule espèce qui puisse apprendre une langue. Par le passé il y a eu plusieurs tentatives d'enseigner le langage à des espèces animales proches, notamment à des chimpanzés. Ainsi, avant les années 60, plusieurs équipes de chercheurs américains ont adopté des bébés

chimpanzés et les élevaient au sein de leur famille. Ces bébés ont appris beaucoup de comportements humains, tels que s'habiller, se brosser les dents, aller aux toilettes, même laver la vaisselle. Ils n'ont toutefois pas réussi à apprendre à parler. Après cette époque, les chercheurs ont adopté une autre approche, explorant l'hypothèse que les limites de l'appareil phonatoire des primates étaient à l'origine des échecs d'apprentissage. Ils ont donc essayé d'enseigner une langue des signes, sachant que les langues des signes sont des langues naturelles possédant la même complexité grammaticale et la même puissance d'expression que les langues orales. Puisque les chimpanzés ont de bonnes habiletés générales d'apprentissage, ils ont réussi à apprendre quelques dizaines de signes, mais ils n'ont pas réussi à formuler des phrases (par ex., Seidenberg et Petitto, 1987). Dans leur ensemble, ces projets ont une valeur scientifique importante, puisqu'ils ont permis d'observer le potentiel et les limites d'apprentissage du langage chez des espèces proches des humains. Malgré les ressources et l'énergie déployées par les scientifiques impliqués dans ces différents projets, les chimpanzés n'ont pas démontré une maîtrise et une utilisation d'un mode de communication comparable au langage humain. Il serait alors facile de se méprendre en associant le mécanisme d'acquisition langagière à l'intelligence humaine. En réalité, ces deux capacités sont indépendantes l'une de l'autre. Cette division entre le mécanisme d'acquisition langagière et l'intelligence se reflète par les cas cliniques où seulement une de ces capacités est affectée par une atteinte neurologique. D'une part, certains individus avec un QI normal ont un déficit spécifique pour le langage, par exemple les dysphasiques et les dyslexiques. D'autre part, d'autres

individus maîtrisent quasiment normalement le langage malgré un retard mental, comme dans le cas du syndrome de William. Le mécanisme d'acquisition langagière se révèle donc comme étant une capacité autonome et présente uniquement chez les humains.

Étudier le développement langagier en laboratoire

Depuis les années 1970, des techniques assez simples ont permis de documenter les différentes étapes du développement du langage, d'étudier les mécanismes d'acquisition, ainsi que de découvrir les capacités innées et acquises des bébés. Nous présentons quelques-unes de ces méthodes, ainsi que certains résultats de ces recherches dans les domaines de l'acquisition des sons, des mots et des phrases.

L'intérêt d'un bébé à écouter certains stimuli langagiers peut nous en dire beaucoup sur ses capacités de traitement de la parole. Avec les nouveau-nés, les chercheurs peuvent utiliser un dispositif simple comprenant une tétine que l'enfant garde dans la bouche et qui est liée à un ordinateur détectant l'amplitude des suctions. L'étude classique de Eimas, Siqueland, Jusczyk et Vigorito (1971) a notamment utilisé cette procédure. Ils ont exposé des bébés âgés de seulement de 1 mois à une syllabe, telle que «ba». Pour chaque bébé, la syllabe était répétée de façon contingente à ses suctions, et ce jusqu'à ce que la fréquence de suctions soit nettement diminuée, démontrant ainsi que le bébé avait perdu son intérêt pour la syllabe. Puis, le bébé était exposé soit à une autre syllabe, par exemple «pa», soit à un autre enregistrement de la même syllabe qu'avant (i.e. «ba»). Les chercheurs ont observé une hausse de la fréquence de succion chez les bébés du premier groupe, mais non

chez ceux du deuxième. Ils en ont conclu que les bébés percevaient la différence entre deux sons proches («p» et «b»). Cette étude a révolutionné le domaine, démontrant que certaines capacités à discriminer les sons sont présentes peu après la naissance, et n'ont donc pas à être apprises suite à une expérience prolongée avec la langue. Différentes techniques liées au conditionnement peuvent aussi être utilisées à un âge un peu plus avancé. Par exemple, on peut entraîner les bébés à tourner la tête pour avoir une récompense, à la manière d'un jeu, lorsqu'ils remarquent un changement linguistique. Les expérimentateurs peuvent disposer des peluches s'animant sur commande lorsque l'enfant se tourne vers celles-ci au lieu de regarder l'expérimentateur devant lui. Avec cette technique ludique, Werker et Tees (1984) ont pu démontrer que la capacité à discriminer deux types de /t/ utilisés en hindi qui ne sont pas utilisés en anglais diminue fortement entre 6 et 12 mois chez les bébés américains, tandis qu'elle demeure très élevée chez les bébés de 11-12 mois apprenants l'hindi comme langue maternelle. Ces résultats démontrent que notre sensibilité innée aux sons constituant les langues du monde finit par se perdre rapidement, au profit d'une spécialisation à discriminer et à analyser les sons utilisés dans notre langue maternelle.

Avant même de pouvoir apprendre les mots, les bébés font face à un défi majeur qui consiste à découvrir où commencent et se terminent les mots dans les phrases. Les mots à l'oral ne sont malheureusement pas séparés par des silences, semblables aux espaces qui séparent les mots à l'écrit. Étant donné que les parents produisent rarement les mots isolément, mais les intègrent plutôt à l'intérieur de syntagmes ou de phrases (Aslin,

1993), les bébés doivent utiliser différentes stratégies pour réussir à identifier les frontières des mots. La rapidité avec laquelle ils arrivent à extraire des mots du discours est fascinante compte tenu des difficultés auxquelles ils doivent faire face. Dès 4,5 mois, les bébés reconnaissent les patrons sonores constituant leur prénom et réagissent aux prononciations incorrectes (par ex., Mandel, Jusczyk et Pisoni, 1995). Puis, vers l'âge de 6 mois, les bébés comprennent le sens des mots *maman* et *papa* (Tincoff et Jusczyk, 1999). Une étude récente de Bergelson et Swingley (2012) a même démontré que les bébés de 6 à 9 mois ont une idée du sens de quelques mots fréquents liés à la nourriture et aux parties du corps (par ex., yeux, bouche, banane, lait). En effet, les bébés ont regardé plus la cible (e.g., une pomme) qu'un distracteur (e.g., une couche) lorsqu'ils ont entendu des phrases telles que «tu vois la pomme?». Qui plus est, bien que les bébés aient du mal à prononcer les mots qu'ils connaissent, ils réagissent à des erreurs de prononciation, démontrant que la forme phonologique spécifique des mots est encodée dès un très jeune âge. Ainsi, dans une étude de Zesiger et al. (2011), des bébés de 12 mois ont regardé plus la cible (e.g., un ballon) qu'un distracteur (e.g., une chaussure) lorsqu'ils ont entendu une phrase avec une prononciation correcte (e.g., «Où est le ballon?») que lorsqu'une erreur était produite (e.g., «Où est le dallon?»).

Au-delà de l'acquisition des mots, les enfants doivent aussi acquérir la syntaxe de leur langue maternelle. Vers l'âge de 24 mois, les enfants prononcent des phrases qui sont encore incomplètes, mais ils sont déjà capables d'analyser correctement les structures syntaxiques. Pour démontrer cette capacité à détecter des

erreurs d'ordre syntaxique, Bernal, Dehaene-Lambertz, Milotte et Christophe (2010) ont utilisé un électro-encéphalogramme. Les patrons d'activités neuronales sont facilement captés par ce type d'appareil, puisque les neurones produisent de l'électricité et les courants électriques qui sont générés par celles-ci peuvent être mesurés à la surface du crâne. Dans leur étude, des enfants équipés d'électrodes captant ces courants électriques ont écouté de courtes histoires comprenant des phrases grammaticales (e.g., «Si je la mange, le chien n'en aura plus»); «Il prend la fraise avec plaisir») ou agrammaticales (e.g., «Tu crois que la mange est bonne?»); «Il croit que je la fraise avant lui»). Ainsi des verbes et des noms connus étaient tous les deux présentés dans des contextes syntaxiques de verbes et de noms. Pour détecter les erreurs (i.e., un verbe utilisé dans un contexte de nom, ou vice versa), les enfants devaient analyser la structure complète de la phrase, puisque le mot précédant, «la», est à la fois un article et un pronom et ne pouvait donc pas à lui seul indiquer si le contexte était grammatical ou non. Rapidement, 350 millisecondes après le mot «mange» ou «fraise», une réaction neuronale qui différait en fonction de la grammaticalité a été mesurée. On a donc observé qu'il y a différents réseaux neuronaux qui s'activent pour analyser les noms et les verbes. D'ailleurs, il se trouve que ce sont les mêmes régions qui sont activées pour les noms et les verbes chez les adultes. Les bébés ont donc appris comment analyser des phrases complexes à un âge où leur production de phrases est encore très défailante.

LE MÉCANISME D'APPRENTISSAGE STATISTIQUE

Au-delà des avancées dans notre compréhension des habiletés perceptuelles présentes chez les bébés et des étapes d'acquisition des propriétés de la langue, les chercheurs ont aussi progressé dans leur compréhension des mécanismes d'apprentissage utilisés dès un très jeune âge. Depuis une vingtaine d'années, de nombreux chercheurs se sont notamment penchés sur les capacités d'apprentissage statistique présentes chez les bébés avant leur premier anniversaire (par ex., Mintz, 1996; Saffran, Aslin et Newport, 1996; Gomez et Gerken, 1999; Johnson et Tyler, 2010). Cet engouement pour le domaine de l'apprentissage statistique a principalement débuté par la parution de l'article de Saffran et al. (1996). Leur étude concerne le problème de la segmentation des phrases en mots, mentionné ci-dessus, et a démontré que les bébés de 8 mois peuvent rapidement extraire des informations statistiques syllabiques à partir d'un langage artificiel pour inférer les frontières d'unités « lexicales ».

D'un point de vue statistique, les mots sont en effet des séquences de phonèmes qu'on a tendance à entendre plus fréquemment que d'autres séquences de phonèmes. Le langage artificiel utilisé dans l'étude comportait des probabilités transitionnelles définies comme un mécanisme d'agglomération qui utilise la mesure statistique suivante : la fréquence des paires syllabiques XY divisée par la fréquence de X. Cette mesure peut être exprimée plus simplement par l'exemple suivant : la séquence *gâteau* est traitée comme un mot distinct puisque la probabilité que *gâ* soit suivi de *teau* est élevée, tandis que la probabilité que *gâ* soit précédé ou

teau suivi d'une syllabe donnée est relativement faible. Ces probabilités sont en lien avec le fait que dans le discours des parents envers leur bébé, de nombreux mots (et de nombreuses syllabes finales) peuvent survenir avant le mot *gâteau* (par ex., *le* gâteau, *délicieux* gâteau, *seul* gâteau, *un* gâteau, etc.) et de nombreux mots (et nombreuses syllabes initiales) peuvent survenir suite au mot *gâteau* (par ex., *gâteau-là*, *gâteau pour toi*, *gâteau au chocolat*, etc.). Dans l'étude de Saffran et al. (1996), les bébés ont donc écouté un langage artificiel contenant un flot continu de syllabes composé de quatre « mots » trisyllabiques (« *pabiku* », « *tibudo* », « *tudaro* », « *pigola* »). Les seuls indices de frontières de mot qui étaient présents dans ce flot continu étaient les probabilités transitionnelles entre les paires de syllabes, qui étaient de 1,0 pour les paires intra-mots (par ex., entre « *pa* » et « *bi* ») et 0,33 pour les paires inter-mots (par ex., entre « *ku* » et « *ti* »). Cette étude a utilisé une technique de conditionnement où on apprend au bébé qu'il doit tourner la tête pour écouter des sons provenant de l'un des deux haut-parleurs (gauche vs droite) et détourner la tête pour arrêter le son. On peut ainsi mesurer l'intérêt du bébé, c'est-à-dire le temps d'écoute de séquences de syllabes. Après seulement 2 minutes d'écoute du flot, les bébés ont ainsi été présentés avec deux types de séquences trisyllabiques : des séquences correspondant à des mots (comme « *pabiku* ») et celles ne correspondant pas à des mots qui étaient bien partie dans le flot (comme « *kutibu* »). Ils ont écouté plus longtemps les séquences du deuxième type, démontrant ainsi qu'ils avaient trouvé les quatre mots dans le flot continu et qu'ils étaient surpris d'entendre d'autres séquences en isolation.

Tableau 1
Illustration du design de l'expérience de Saffran et al. (1996)

Familiarisation	
...pabikutibudotudaropigola...	
	
1.0	0.33
Test	
Mot	Semi-mot
pabiku	kutibu

60

Cette étude a donc démontré que les bébés sont sensibles aux informations statistiques, mais il reste à savoir s'ils les utilisent pour trouver les mots dans les phrases de leur langue. Dans les langues naturelles, il y a beaucoup de séquences très fréquentes qui ne correspondent pas à de vrais mots (e.g., *tous les*, *n'as plus*). On pourrait ainsi s'attendre à ce que les bébés considèrent comme mots potentiels toutes les séquences fréquentes, que ce soient de vrais mots ou pas. Afin d'investiguer cette hypothèse, Ngon et al. (2013) ont exposé des bébés de 11 mois à des listes de mots et de non-mots (i.e., des séquences de syllabes pouvant survenir dans le discours des parents) en variant la fréquence de ceux-ci. À noter que les bébés de cet âge préfèrent écouter des mots fréquents, comme s'ils

reconnaissaient déjà la forme de ces mots, sans pour autant en connaître le sens. Les chercheurs ont observé que face au choix entre des non-mots fréquents (e.g., «naplu», comme dans *tu n'as plus faim*) et des non-mots rares (e.g., «nupla»), les bébés préféraient écouter les premiers. En revanche, aucune préférence n'était observée si le choix était entre les mêmes non-mots fréquents et des vrais mots fréquents (e.g., «canard»). Au total, ces résultats indiquent que les bébés reconnaissent des séquences fréquentes de leur langue, qu'elles représentent de vrais mots ou pas, en accord avec l'hypothèse qu'ils exploitent des informations statistiques lors de l'apprentissage. Ainsi, pour construire un lexique, les bébés commencent par rassembler des séquences de phonèmes fréquentes, que ce soit des mots ou non. Ce n'est que plus tard que les séquences de non-mots seront écartées et segmentés (e.g., *n + as + plus*).

La puissance et la complexité du mécanisme d'apprentissage statistique continuent de fasciner les chercheurs. En somme, les recherches effectuées depuis les deux dernières décennies ont démontré que les bébés sont sensibles aux co-occurrences de différents éléments du langage. Cette facilité à repérer des patrons récurrents les mènent bien plus loin que la simple segmentation du discours. En effet, grâce au mécanisme d'apprentissage statistique, les bébés réussissent à saisir les différents niveaux d'organisation d'une langue, tels que les sons, les mots et la syntaxe. Par exemple, plusieurs chercheurs ont observé que les bébés détectent des règles grammaticales adjacentes et non-adjacentes lorsqu'ils sont exposés brièvement à des langages artificiels.

Enfin, il ne faut pas oublier que l'acquisition langagière s'effectue naturellement lors d'interactions sociales. Bien que le signal acoustique regorge d'indices statistiques, il ne représente pas l'unique source d'information utilisée par les bébés. Ainsi, de nombreuses études ont démontré que la présence d'un humain offre un avantage difficilement égalable pour l'apprentissage. Des travaux récents ont clarifié la nature des bénéfices associés aux interactions sociales lors de l'acquisition de nouveaux mots. Dans l'étude de Roseberry, Hirsh-Pasek et Golinkoff (2014), des enfants de 2 ans devaient apprendre de nouveaux verbes. Leurs résultats démontrent que seuls les enfants ayant suivi un entraînement *in vivo* ou par l'entremise d'une vidéo contingente (*Skype*) ont réussi la tâche, mais non ceux qui ont suivi un entraînement avec une vidéo non-contingente ayant été enregistrée préalablement. Ainsi, l'apprentissage de la langue est facilité par les interactions sociales, puisque celles-ci impliquent une contingence sociale entre le locuteur et l'apprenant. Ces résultats concordent avec le fait que les bébés utilisent le regard du locuteur comme un indice important pour la communication.

CONCLUSIONS

Les bébés sont dotés de remarquables capacités cognitives leur permettant d'acquérir rapidement et sans effort apparent la ou les langues de leur environnement. Les chercheurs dans le domaine ont fait d'importantes avancées depuis les années 1970, grâce à l'apparition et à l'utilisation de techniques comportementales et neurologiques. L'ensemble de ces études a démontré la présence d'habiletés réceptives en bas âge, tant sur le plan de la perception que de la compréhension de la

parole. Ces habiletés sont frappantes compte tenu du décalage avec le versant expressif, dont le développement est limité par les capacités articulatoires restreintes chez les bébés. Le domaine de l'acquisition langagière a particulièrement été marqué par la découverte d'un mécanisme d'apprentissage statistique. Ce mécanisme explique en partie l'aisance que démontrent les jeunes enfants à apprendre les différentes régularités qui sont particulières à une langue, tel que les sons, les mots et la syntaxe. La puissance et la complexité de ce mécanisme et son lien avec l'habileté innée des humains à acquérir une langue reste encore à explorer. ●

RÉFÉRENCES

- Aslin, R. N. (1993). Segmentation of fluent speech into words: Learning models and the role of maternal input. Dans B. De Boysson-Bardies et al. (Eds.), *Developmental neurocognition: Speech and face processing in the first year of life* (pp. 305-315). New York: Kluwer Academic.
- Bergelson, E., & Swingle, D. (2012). At 6 to 9 months, human infants know the meanings of many common nouns. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 109, 3253-3258.
- Bernal, S., Dehaene-Lambertz, G., Millotte, S. & Christophe, A. (2010). Two-year-olds compute syntactic structure on-line. *Developmental Science*, 13, 69-73.
- Eimas, P. D., Siqueland, E. R., Jusczyk, P., Vigorito, J. (1971). Speech perception in infants. *Science*, 171, 303-306.
- Fenson, L., P. Dale, S. Reznick, E. Bates, D. Thal, S. Pethock, M. Tomasello, C. Mervis & J. Stiles (1994) Variability in early communicative development. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, Vol. 59, No. 5.

Gómez, R.L., & Gerken, L.A. (1999) Artificial grammar learning by one-year-olds leads to specific and abstract knowledge. *Cognition*, 70, 109–135.

Johnson, E.K. & Tyler, M. (2010). Testing the limits of statistical learning for word segmentation. *Developmental Science*, 13, 339-345.

Kuhl, P. K., Tsao, F., & Liu, H. (2003). Foreign-language experience in infancy: Effects of short-term exposure and social interaction on phonetic learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 100, 9096–9101.

Mandel, D. R., Jusczyk, P. W., & Pisoni, D. B. (1995). Infants' recognition of the sound patterns of their own names *Psychological Science*, 6 (5), 314–317.

Mintz, T. (1996). The role of linguistic input and innate mechanisms in children's acquisition of grammatical categories. Unpublished doctoral dissertation, University of Rochester.

Ngon, C., A. Martin, E. Dupoux, D. Cabrol, M. Dutat & S. Peperkamp (2013). (Non)words, (non)words, (non)words: Evidence for a proto-lexicon during the first year of life. *Developmental Science*, 16, 24-34.

Roseberry, S., Hirsh-Pasek, K., & Golinkoff, R. M. (2014). Skype me! Socially contingent interactions help toddlers learn language. *Child Development*, 85, 956-970.

Saffran, J. R., Aslin, R. N., & Newport, E. L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274, 1926–1928.

Seidenberg, M. S., & Petitto, L. A. (1987). Communication, symbolic communication, and language: Comment on Savage-Rumbaugh, McDonald, Sevcik, Hopkins, and Rupert (1986). *Journal of Experimental Psychology: General*, 116 (3), 279-287.

Tincoff, R., & Jusczyk, P. W. (1999). Some beginnings of word comprehension in 6-month-olds. *Psychological Science*, 10 (2), 172–175.

Werker, J. F., & Tees, R. C. (1984). Cross-language speech perception: Evidence for perceptual reorganization during the first year of life. *Infant behavior and development*, 7, 49-63.

Zesiger, P., Dupuis Lozeron, E., Lévy, A., & Frauenfelder, U. (2011). Phonological specificity in 12- and 17-month-old French-speaking infants. *Infancy*, 17, 1-19.

POUR EN SAVOIR PLUS

Bijeljic-Babic, Ranka. *L'enfant bilingue. De la petite enfance à l'école*. Editions Odile Jacob.

De Boysson-Bardies, Bénédicte. *Comment la parole vient aux enfants*. Editions Odile Jacob.

Pinker, Steven. *L'instinct du langage*. Editions Odile Jacob.

PUBLICATIONS-BIBLIOGRAPHIE

Ngon, C. & S. Peperkamp (2016). What infants know about the unsaid: Phonological categorization in the absence of auditory input. *Cognition*, 152, 53-60.

Skoruppa, K., Mani, N. & Peperkamp, S. (2013). Toddlers' processing of phonological alternations: Early compensation for or assimilation in English and French. *Child Development*, 84, 313-330.

Ngon, C., Martin, A., Dupoux, E., Cabrol, D., Dutat, M. & Peperkamp, S. (2013). (Non)words, (non)words, (non)words: evidence for a proto-lexicon during the first year of life. *Developmental Science*, 16, 24-34.

Skoruppa, K., Pons, F., Christophe, A., Bosch, L., Dupoux, E., Sebastián-Gallés, N., Alves Limissuri, R. & Peperkamp, S. (2009). Language-specific stress perception by 9-month-old French and Spanish infants. *Developmental Science*, 12, 914-919.

White, K., Peperkamp, S., Kirk, C. & Morgan, J. (2008). Rapid acquisition of phonological alternations by infants. *Cognition*, 107, 238-

François Ansermet

professeur, chef du Service de psychiatrie
d'enfants et d'adolescents, HUG, Université
de Genève



Plasticité et expériences précoces

L'expérience laisse en effet une trace dans le réseau neuronal: c'est ce que démontre le fait biologique de la plasticité neuronale¹. La plasticité neuronale regroupe l'ensemble des mécanismes par lesquels l'expérience laisse une trace structurelle et fonctionnelle dans le réseau neuronal. Jusqu'à la reconnaissance progressive de ce fait, qui a été consacrée par le prix Nobel de médecine attribué en 2000 à Eric Kandel, la plasticité était seulement considérée comme une hypothèse.

Le fait de la plasticité implique une réflexion nouvelle sur le destin des expériences précoces. Affranchissant d'un déterminisme exclusivement préprogrammé, elle ouvre de façon nouvelle à la question sur la place de la contingence, de la rencontre, des premiers liens, et donc aussi de l'éducation précoce, dans le devenir,

ouvrant pour chaque enfant l'espace pour que puisse s'accomplir la singularité de son propre devenir.

LA PLASTICITÉ NEURONALE.

La plasticité implique une révolution épistémologique dans nos conceptions du devenir de l'enfant. Elle amène à ne pas voir l'enfant comme étant seulement déterminé par un programme de développement préétabli. Il s'agit en effet d'intégrer aussi les dimensions propres à son histoire, aux spécificités de ses interactions avec son environnement, à tout ce qu'implique les liens significatifs qu'il tisse au cours de sa vie, dès sa petite enfance.

La plasticité pose la question de la nature de l'expérience. Le sujet participe aussi à inscrire les traces. Il n'est en effet pas seulement le produit de traces inscrites. Il peut modifier lui-même ce qui s'est inscrit. L'expérience est multidimensionnelle, elle se constitue aussi au fur et à mesure des associations et réassociations de traces. Elle donne aussi une place majeure à

¹ François Ansermet, Pierre Magistretti, *À chacun son cerveau. Plasticité neuronale et inconscient*, Editions Odile Jacob, Paris, 2004 (réédité version Poche en 2011).

la contingence. Par ailleurs elle inclut non seulement ce que vit l'enfant dans la relation précoce, mais aussi ce qu'il crée au travers de ses actes.

La plasticité pose donc la question de la nature de la causalité psychique. Elle oblige à reconsidérer le développement du psychisme, en incluant aussi les dimensions propres aux relations précoces. Celles-ci impliquent la responsabilité de chacun, tant des parents que de la société. Le fait de la plasticité amène à revoir les fondements de l'éducation précoce, en tenant compte de ce qui s'inscrit dès le premier âge, à travers l'apprentissage et la mémoire, mais aussi à travers des processus inconscients. La plasticité implique tout ce qui participe à l'émergence de l'individualité. Y compris la créativité de chaque enfant quant à son devenir, à condition qu'on lui en donne l'occasion.

66

Le réseau neuronal change en permanence suite à l'impact de l'expérience. La plasticité amène ainsi à distinguer le devenir du développement. Elle pointe l'importance d'un devenir que constitue chaque sujet, tant au niveau de son histoire, des liens à partir desquels il se constitue, des événements qui le marquent, qu'au gré aussi de ses actes, de ses choix, de ses propres réponses face à ce qui lui arrive. C'est ainsi que le devenir de l'enfant l'amène bien au-delà de ce qui est mis en jeu par son développement.

LES MARQUEURS SOMATIQUES.

Une trace n'existe pas toute seule. Elle implique aussi un état du corps, détecté à travers un marqueur somatique

et l'émotion qui lui est associée. William James² a proposé une théorie des émotions selon laquelle chaque perception, en soi, s'avère être neutre. Sa connotation affective dépendrait des états somatiques qui lui sont associés: augmentation du rythme cardiaque, dilatation pupillaire, transpiration, etc. La théorie des marqueurs somatiques d'Antonio Damasio³ a repris cette idée. Selon son modèle, les stimulations sensorielles convergent et sont projetées vers des systèmes effecteurs neuroendocriniens et neurovégétatifs. L'état du corps est modifié et cette modification est détectée par les projections afférentes du système intéroceptif, qui informe en permanence le cerveau de l'état du corps. Antonio Damasio a montré que cette intégration explique non seulement la nature des émotions, mais joue aussi un rôle clé lors de la prise de décision, qui est fonction de l'anticipation d'un état somatique de plaisir ou de déplaisir qui va en résulter⁴.

Par le fait de la plasticité et des processus qui impliquent les états somatiques, on ne peut pas penser un lien univoque entre l'expérience, la perception et l'action. Il n'y a pas de réponse programmée et donc prédictible.

LA FONCTION RÉGULATRICE DE LA TRACE

Le petit d'homme est le plus néoténique des vivants. Il est inachevé à la naissance, dans un état de dépendance par rapport à l'autre, à son environnement. Pour Freud, cet inachèvement laisse le nourrisson dans un état de détresse («*Hilflosigkeit*») car celui-ci à la naissance

² James W. *The principles of Psychology*. (1890), New York, Dover, 1950.

³ Damasio A.R., *L'Erreur de Descartes*. Paris. Odile Jacob 1994.

⁴ François Ansermet, Pierre Magistretti, *Les énigmes du plaisir*, Editions Odile Jacob, Paris, 2010.

n'est pas capable de se réguler seul. Il lui faut l'action spécifique de l'autre, d'un autre humain⁵, du pour réaliser la décharge de l'excès du vivant qui le constitue, et passer ainsi du déplaisir au plaisir. C'est ce que Freud désigne comme l'expérience de satisfaction, dont il fait une expérience primordiale. On peut y voir le prototype de l'association incontournable entre une trace et un état somatique. C'est ainsi qu'on pourrait dire que face à l'état de détresse primordiale, la trace a une fonction régulatrice. La mise en jeu de la trace permet d'accéder au plaisir, tout en participant au devenir psychique.

On le sait par la clinique, cette fonction régulatrice, dite homéostatique, n'a pas toujours lieu. La réponse de l'autre peut venir à manquer. La fonction de protection ou de pare-excitation de l'environnement, du parent, est nécessaire au bon développement de l'enfant. Abandon, carence sont des situations où l'enfant peut être laissé seul face à son excitation interne. C'est ainsi que l'enfant peut être traumatisé par l'excès d'excitation qui l'habite, par sa propre pulsionnalité, par l'absence de réponse de l'autre. La réponse de l'autre, l'acte de l'autre est vitale pour l'enfant, pour lui permettre d'accéder à un devenir possible. La réponse de l'autre est nécessaire pour l'enfant à l'âge précoce. C'est ainsi qu'on pourrait parler de traumatismes de cause interne, par défaut de l'action spécifique de l'autre, par défaut de la réponse de l'autre.

On trouve aussi un phénomène du même ordre chez les prématurés suite au traumatisme parental. Nous avons

montré⁶ que 13% des parents de grands prématurés présentent un stress post-traumatique. À ce stress post-traumatique parental est associé de manière significative chez l'enfant des troubles alimentaires et du sommeil. Si on met en rapport, dans un modèle d'équation statistique structurale d'un côté le traumatisme parental et de l'autre la prématurité et le risque périnatal, on s'aperçoit que le traumatisme parental est un facteur prédictif plus important du devenir du prématuré que la gravité de la prématurité. La détresse précoce est modulée par la réaction de l'environnement et sa capacité à la prendre en charge. Le constat du traumatisme chez les parents du prématuré ne peut que confirmer l'importance de la préoccupation sur l'état psychique des parents et de l'enfant en néonatalogie.

67

UN TRAUMATISME PAR ABSENCE DE TRACE

On sait à quel point le prématuré peut vivre des expériences de détresse en raison de son immaturité. La lumière, le bruit, la douleur et les soins intensifs dans certain cas, représentent toute une série d'effractions qui le menacent du dehors et s'ajoutent aux exigences du vivant, à la pression pulsionnelle, qui se manifeste en lui et malgré lui. Cet état de détresse est aussi présent dans toutes les autres situations extrêmes de la période périnatale, comme l'abandon, la carence précoce, la maltraitance, la maladie à la naissance et tous

5 Freud S. *La naissance de la psychanalyse*. PUF, Paris, 1969.

6 Pierrehumbert B, Nicole A, Muller Nix C, Forcada-Guex M, Ansermet F. «Parental post-traumatic reactions after premature birth; implications on sleeping and eating problems». *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2003, 88, 5, F400-F404.

les traumatismes périnataux. Les travaux d'Als & al⁷ ont d'ailleurs permis d'établir les outils permettant de mettre en évidence et de mesurer la détresse du nourrisson.

68 Mais on a souvent tendance à considérer que les traumatismes précoces laissent une trace, à la manière d'une cicatrice. On pourrait au contraire faire l'hypothèse que la détresse résulte plutôt du fait qu'une trace n'a pas pu se constituer. Face à l'expérience de détresse du nourrisson, les traces ont une fonction de protection : on pourrait parler d'une fonction homéostatique de la trace. Comme Freud l'énonce dans «Au-delà du principe de plaisir»⁸, les fonctions de protection – de pare-excitation – sont pour le petit d'homme plus importantes que les fonctions de perception. Sans ce pare-excitation, l'excitation externe peut impliquer une effraction impossible à assimiler. Mais pour Freud, il n'y a pas de pare-excitation contre l'excitation interne : pour la décharger, il lui faut l'action spécifique de l'autre. Seule cette réponse va lui permettre de se libérer de la pression du trop plein d'une excitation interne qui le déborde, c'est-à-dire de l'excitation pulsionnelle en excès. On pourrait dans ce cas parler d'un traumatisme par non-événement, par absence de réponse de l'autre. Ainsi, les enfants qui vivent des expériences de détresse précoce, au travers de la pression cumulative de besoins intéroceptifs, sans pouvoir compter sur l'action soulageante et médiatrice de l'autre, laissés seuls,

sans liens éducatifs, souffriraient non pas de traces traumatisantes en tant que telles, mais d'un déficit dans la possibilité même de constituer une trace et de l'intégrer à la régulation nécessaire à la constitution de leur vie psychique⁹. Ils continueraient ainsi sans cesse à être soumis à la pression d'une excitation qu'aucune trace ne vient lier, tamponner. La souffrance serait induite par l'absence de trace plutôt qu'elle ne résulterait des traces laissées par une expérience désagréable. L'enfant serait laissé dans la détresse, dans le déplaisir, sans accéder à une quelconque satisfaction, sans accès au plaisir. C'est ainsi qu'on pourrait dire que l'éducation devrait aussi viser au plaisir, devrait se régler sur l'accès au plaisir, au-delà de toutes stratégies spécifique ou codifiée.

PARADOXES DE LA PLASTICITÉ ET DU DEVENIR.

La plasticité neuronale aboutit à une série de paradoxes. Le premier est celui de la «singularité» : des mécanismes universaux, présents chez tous, aboutissent en effet à produire de l'unique. Chaque sujet se révèle unique et différent. Cette butée sur l'irréductible de la singularité amène d'ailleurs à un point de rencontre inédit entre neurosciences et psychanalyse¹⁰, qui vient en rupture avec une vision qui opposerait neurosciences et psychanalyse. Les savoirs et les pratiques mis en place par la psychanalyse trouvent une pertinence spécifique pour aborder la question de la singularité que posent

7 Als, H. A., Lester, B. M., Tronick, E. Z., & Brazelton, T. B. (1982). Manual for the assessment of preterm infants' behavior (APIB). In H. E. Fitzgerald, B. M. Lester, & M. W. Yogman (Eds.), *Theory and research in behavioral pediatrics* (pp. 65-132). New York :

8 Freud, S. Au-delà du principe de plaisir [1920]. In : Freud S. *Œuvres complètes, psychanalyse*. Vol. XV. Paris : PUF, 2006, p. 273-338.

9 Ce chapitre reprend des arguments développés dans un chapitre à paraître dans un livre collectif chez Erès, sous la direction de Bernard Golse et d'Alain Vanier : François Ansermet, Mathieu Arminjon, Pierre Magistretti, *Plasticité neuronale : les traces et leur destin*, à paraître en 2017

10 Pierre Magistretti, François Ansermet (Dir.) *Neurosciences et psychanalyse : une rencontre autour de la singularité*. Paris : Odile Jacob, 2010,

de façon renouvelée les avancées des neurosciences autour de la plasticité.

Le second paradoxe est celui de la « discontinuité ». Si l'expérience laisse une trace, la trace elle-même une fois inscrite, comme trace mnésique, fonctionne aussi en elle-même comme une expérience. Les traces se réassocient ainsi les unes avec les autres pour former de nouvelles traces, qui éloignent, qui séparent, de l'expérience initiale. C'est ainsi qu'un processus fondé sur la continuité de l'inscription aboutit à produire une discontinuité, qui libère aussi le sujet de l'expérience qui avait abouti à l'inscription des premières traces. La ré-évocation d'un souvenir rend la trace labile, et susceptible de nouvelles associations. C'est le phénomène dit de la reconsolidation, tel que le discutent entre autre Yadin Dudai¹¹ et Cristina Alberini¹², est à la base d'une réassociation de traces qui aboutit à une réalité psychique interne autre que celle qui résulte de l'inscription des traces. La discontinuité apparaît paradoxalement comme une condition essentielle de la « détermination » du sujet. Ce qui s'avère être un principe d'une réalité interne devient aussi le principe d'une transformation au cours du devenir. Le clinicien peut s'appuyer sur la plasticité et la reconsolidation pour aller au-delà des traces qui se sont inscrites, pour les remodeler à travers de nouvelles associations de traces.

11 Dudai Y., Eisenberg M. Rites of passage of the engram: reconsolidation and the lingering consolidation hypothesis. *Neuron*, 44: 93-100, 2004.

12 Alberini C.M. Mechanisms of memory stabilization: are consolidation and reconsolidation similar or distinct processes? *Trends in Neuroscience*, 28: 51-56, 2005.

À travers une pratique de la parole, à travers la relation et de ses perspectives dynamiques, la plasticité peut être mise en jeu dans ses potentialités. La parole et la relation peuvent être considérées comme un opérateur de réassociations. C'est aussi l'enjeu de l'éducation, de tout ce qu'elle met en jeu à travers ses pratiques. Si la mise en jeu du lien et de la parole a pour effet de rendre la trace plastique, elle devient alors littéralement « maniable » ou « malléable ». On peut alors en faire autre chose, l'inclure dans une dialectique nouvelle, en jouer, s'en libérer.

D'où le troisième paradoxe de la plasticité, qui est celui du « changement permanent ». L'impact de l'expérience sur le réseau neuronal, et son inscription par les mécanismes de la plasticité, fait qu'on n'utilise jamais deux fois le même cerveau. On serait ainsi biologiquement déterminé pour ne pas être totalement biologiquement déterminé. On serait déterminé pour ne pas l'être totalement. Ceci ouvre à une dimension créatrice, poétique, dans le devenir.

Si l'expérience précoce s'inscrit sous forme de traces, celles-ci se réassocient entre elles, séparant de l'expérience première, y compris de son éventuel son poids déterminant. C'est ainsi que tout se joue au-delà de l'expérience initiale. Il y a une liberté au cœur de la constitution du sujet. Les mécanismes de la plasticité sont aussi des opérateurs de liberté. Ils introduisent au sein du vivant une logique qui va au-delà d'une causalité linéaire, vers un devenir ouvert.

Tel est en effet l'enjeu de l'éducation: permettre à chaque enfant de devenir l'auteur et l'acteur d'un devenir

chaque fois unique, original, individuel, différent, non reproductible, qui fait de chaque enfant, à travers ce qui a présidé à son individuation¹³, un être fondamentalement irremplaçable. C'est la responsabilité de tous ceux qui entourent l'enfant, qui s'en occupent, qui se préoccupent de lui, qui en prennent soin, qui l'éduquent, de lui permettre ce trajet individuel, dont personne ne peut décider à sa place. Le rôle de l'éducation serait de garantir à l'enfant la possibilité d'un tel espace de liberté dont il puisse se saisir pour pouvoir s'inventer de façon chaque fois singulière, en s'appuyant paradoxalement sur ce qui le détermine pour aller au-delà de ce qui le détermine. ●

Ansermet F., Sorrentino MG. *Malaise dans l'institution: le soignant et son désir*. 3^{ème} éd. Paris: Economica/Anthropos, 2013.

Ansermet F., *La fabrication des enfants. Un vertige technologique*. Odile Jacob, Paris, 2015

70 PUBLICATIONS – BIBLIOGRAPHIE

Ansermet F., Mejia Quijano C, Germond M., Parentalité stérile et procréation médicalement assistée: le dégel du devenir. Ramonville Saint-Agne: Erès, 2006.

Ansermet F., Germond M, Mauron V, André M, Cascino F. Clinique de la procréation et mystère de l'incarnation: l'ombre du futur. Paris: Presses Universitaires de France, 2007.

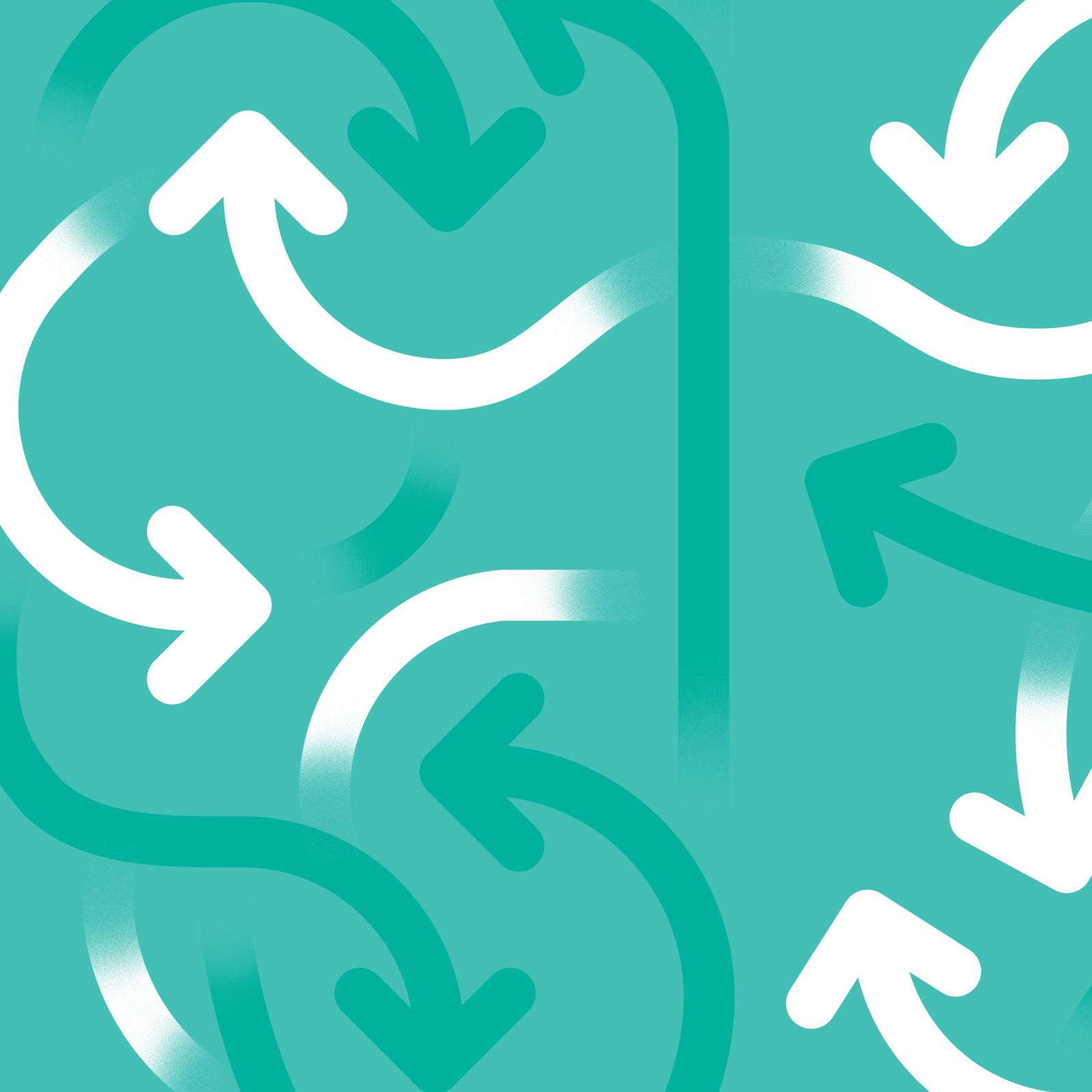
Ansermet F., Magistretti P. *Les énigmes du plaisir*, Odile Jacob, Paris, 2010.

Ansermet F., Magistretti P. *A chacun son cerveau: plasticité neuronale et inconscient*, Odile Jacob, 2004 – réédité en poche, Odile Jacob, Paris, 2011.

Ansermet F., *Clinique de l'origine*, éditions Cécile Defaut, Nantes, 2012.

Ansermet F., Giacobino A. *Autisme: à chacun son génome*. Paris: Navarin/Le champ freudien, 2012.

13 Cynthia Fleury, *Les irremplaçables*, Gallimard, Paris, 2015.

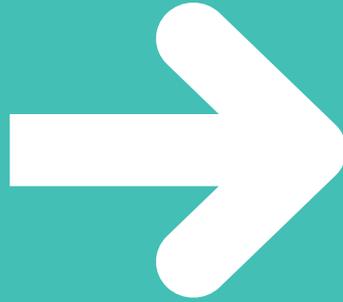




Vendredi 2 décembre

Catherine Vidal

neurobiologiste, directrice de recherche
honoraire, Institut Pasteur, Paris



Cerveau, sexe et préjugés

Avec l'avancée des neurosciences, on serait tenté de croire que les idées reçues et les stéréotypes sur les comportements des femmes et des hommes ont été balayées. Ce n'est manifestement pas le cas dans la réalité quotidienne. Télévision, sites internet, presse écrite, prétendent que les femmes sont «naturellement» multi-tâches, sensibles mais incapables de lire une carte routière, alors que les hommes seraient par essence bons en maths, bagarreurs et compétitifs. Ces discours laissent croire que nos aptitudes, nos émotions, nos personnalités sont câblées dans des structures mentales déterminées par le sexe génétique et immuables. Or les connaissances actuelles sur le cerveau montrent le contraire. Grâce à ses propriétés de «plasticité», le cerveau fabrique sans cesse de nouvelles connexions entre les neurones en fonction des apprentissages et des expériences vécues. Rien n'est jamais figé dans le cerveau quel que soient le sexe et les âges de la vie. La plasticité cérébrale est un concept fondamental pour comprendre comment se forment nos

identités de femmes et d'hommes. Il vient ainsi conforter les recherches en sciences humaines sur le genre qui analysent comment se forment les rapports sociaux et les inégalités entre les femmes et les hommes.

DÉVELOPPEMENT DU CERVEAU ET PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

Que répondre aujourd'hui à la question : le cerveau a-t-il un sexe ? La réponse scientifique est oui et non (Vidal 2015, Vidal et Benoit Browaeys 2015). Oui, parce que le cerveau contrôle les fonctions associées à la reproduction sexuée. Ainsi, dans les cerveaux féminins, on trouve des neurones qui s'activent chaque mois pour déclencher l'ovulation, ce qui n'est pas le cas chez les hommes. Mais concernant les fonctions cognitives, la réponse est non. Les connaissances actuelles sur le développement du cerveau et la plasticité cérébrale démontrent que les filles et les garçons ont les mêmes capacités d'intelligence, de raisonnement, de mémoire, d'attention.

76

Depuis 15 ans, les études par IRM (imagerie cérébrale par résonance magnétique) s'accumulent pour montrer comment l'expérience façonne le cerveau, tant chez les enfants que chez les adultes (May 2011, Vidal 2010). Le petit humain vient au monde avec un cerveau largement inachevé : il possède un stock de cent milliards de neurones mais peu de voies nerveuses pour les faire se connecter entre eux. Seulement 10 % de ces connexions – les synapses – sont présentes à la naissance. Cela signifie que 90 % des synapses se fabriquent à partir du moment où le bébé entre en contact avec le monde extérieur. Les influences de la famille, de l'éducation, de la culture, de la société, jouent un rôle majeur sur le câblage des neurones et la construction du cerveau. Le terme de plasticité décrit cette propriété du cerveau humain à se modeler en fonction des apprentissages et des expériences vécues. Par exemple, chez les pianistes, on observe un épaississement des régions du cortex cérébral spécialisées dans la motricité des doigts et l'audition. Ce phénomène est dû à la fabrication de connexions supplémentaires entre les neurones. De plus, ces changements du cortex sont directement proportionnels au temps consacré à l'apprentissage du piano pendant l'enfance. La plasticité cérébrale est à l'œuvre également pendant la vie d'adulte. Ainsi chez des sujets qui apprennent à jongler avec trois balles, on constate après trois mois de pratique, un épaississement des zones qui contrôlent la coordination des bras et la vision. Et si l'entraînement cesse, les zones précédemment épaissies rétrécissent.

Ces exemples, et bien d'autres, montrent comment l'histoire propre à chacun s'inscrit dans son cerveau. Il en résulte qu'aucun cerveau ne ressemble à un autre.

L'IRM a permis de révéler que les différences cérébrales entre les personnes d'un même sexe sont tellement importantes qu'elles dépassent les différences entre les sexes (Kaiser 2009, Joel 2015). Chacun des 7 milliards d'individus sur la planète possède un cerveau unique en son genre, indépendamment du fait d'appartenir au sexe féminin ou masculin.

LA CONSTRUCTION DE L'IDENTITÉ SEXUÉE

Le concept de plasticité cérébrale est fondamental pour aborder la question de l'origine des différences et des similarités entre les sexes. Il apporte un éclairage neurobiologique de poids sur les processus de construction sociale et culturelle des identités des filles et des garçons, des femmes et des hommes.

À la naissance, le petit humain n'a pas conscience de son sexe. Il va l'apprendre progressivement à mesure que ses neurones se connectent et que ses capacités cérébrales se développent. Ce n'est qu'à partir de l'âge de deux ans et demi que l'enfant devient capable de s'identifier au féminin ou au masculin (Le Maner-Idrissi 1997, De Mendonça 2011). Or depuis la naissance, il évolue dans un environnement sexué : la chambre, les jouets, les vêtements sont différents selon le sexe de l'enfant. De plus, les adultes, de façon inconsciente, n'ont pas les mêmes façons de se comporter avec les bébés. Ils ont plus d'interactions physiques avec les garçons, alors qu'ils parlent davantage aux filles. L'interaction avec l'environnement familial, social, culturel va orienter les goûts, les aptitudes et forger certains traits de personnalité en fonction des normes du féminin et du masculin données par la société dans laquelle l'enfant est né (Fausto-Sterling 2012a,b).

Mais tout n'est pas joué pendant l'enfance. Les schémas stéréotypés ne sont pas gravés dans les neurones de façon immuable. À tous les âges de la vie, la plasticité du cerveau permet de changer d'habitudes, d'acquérir de nouveaux talents, de choisir différents itinéraires de vie. La diversité des expériences vécues fait que chacun de nous va forger sa propre façon de vivre sa vie de femme ou d'homme.

Le concept de plasticité permet de dépasser le dilemme classique qui tend à opposer nature et culture. En fait, dans la construction du cerveau, l'inné et l'acquis sont inséparables. L'inné apporte la capacité de câblage entre les neurones, l'acquis permet la réalisation effective de ce câblage. Toute personne humaine, de par son existence et son expérience, est simultanément une être biologique et un être social (Rose 2006, Kahn 2007). Tous ces acquis de la neurobiologie confortent et enrichissent les recherches en sciences humaines et sociales sur le genre. Le sexe et le genre ne sont pas des variables séparées, mais s'articulent dans un processus d'incorporation («*embodiment*») qui désigne l'interaction entre le sexe biologique et l'environnement social, et ce dès la naissance (Fausto-Sterling 2012a-b).

CERVEAU, SEXE ET PRÉJUGÉS

Or malgré les progrès des connaissances sur la plasticité cérébrale, l'argument des différences de «*nature*» est toujours bien présent pour expliquer les différences entre les femmes et les hommes dans la vie sociale et privée (Vidal 2015, Vidal et Benoit-Browaey 2015). Ces préjugés sont alimentés par certains travaux scientifiques popularisés dans les médias et qui sont présentés comme «*preuves objectives*» de l'existence

de différence biologiques innées entre les sexes. Les exemples qui suivent en sont l'illustration.

Les singes mâles préfèrent les camions et les femelles les poupées

Telle est la conclusion de deux études publiées en 2002 et en 2008 dans des revues scientifiques. Ces résultats révéleraient une base biologique à la préférence des jouets chez les humains, sous prétexte qu'elle se manifeste aussi chez les singes. Cependant, l'examen attentif de ces expériences permet d'en douter...

L'étude de 2002 a été réalisée par des chercheurs californiens sur une trentaine de singes verts adultes, mâles et femelle (Alexander 2002). Divers objets (peluche, voiture, casserole, poupée, livre, balle) étaient placés successivement dans la cage des singes. Ils n'étaient donc pas en situation de choix. Les mesures portaient sur le temps de contact avec chaque objet. Les singes mâles passaient plus de temps avec les peluches qu'avec les autres objets. Les femelles étaient plus attirées par... la casserole.

Dans l'étude publiée en 2008 par des chercheurs de l'université d'Atlanta (Hassett 2008), les comportements d'une vingtaine de singes Rhesus face à des objets présentés simultanément ont été analysés. Les mâles préféraient les jouets à roue aux peluches, contrairement à l'étude de 2002. Quand aux femelles, elles passaient autant de temps avec les peluches qu'avec les camions.

Manifestement, les résultats contradictoires de ces deux études ne permettent pas de conclusion sérieuse sur le comportement des singes vis-à-vis des jouets

qui puissent être appliquée chez les humains (Fillod 2014). De plus, à l'échelle de l'évolution, les espèces de singes choisies dans les expériences se sont séparées de la branche de l'espèce humaine il y a 30 millions d'années. Difficile d'imaginer depuis tout ce temps une quelconque conservation des comportements pour les jouets ! Enfin, ces études n'ont jamais été reproduites depuis lors par d'autres équipes de recherche.

Alors pourquoi ce sujet apparemment fantaisiste des jouets de singes est-il si important aux yeux des partisans du déterminisme biologique des comportements humains ? Parce qu'il apporterait la preuve que les choix des enfants pour les jouets ont une origine ancestrale innée et ne sont pas imposées par la société. L'argument est commode pour justifier les représentations traditionnelles du féminin et du masculin véhiculés par les jouets, reflets d'un ordre social naturel...

78

Les bébés filles programmés pour l'empathie et les garçons pour la mécanique

En 2000 une étude réalisée chez des nouveaux-nés de quelques heures, prétendait que les bébés filles étaient spontanément attirées par les visages et les garçons par des objets mécaniques. Ce résultat a été interprété comme la démonstration de prédispositions génétiques innées qui expliqueraient pourquoi les femmes s'orientent dans les activités sociales « à visage humain » – soin des enfants, aide à la personne, etc, – tandis que les hommes préfèrent les activités scientifiques et techniques.

Réalisée par l'équipe de Simon Baron-Cohen, professeur de psychopathologie à Cambridge, l'étude en

question a été menée dans une maternité britannique sur 58 filles et 44 garçons, d'âge moyen un jour et demi (Connellan 2000). On présentait aux bébés pendant une minute, soit le visage d'une étudiante, soit un ballon sur lequel étaient collés en vrac des fragments de photos de l'étudiante, avec à la place du nez une bille suspendue par un fil, dispositif qualifié de « mobile » par les auteurs de l'étude... La mesure du temps de fixation du regard des bébés montrait que les garçons scrutaient le mobile pendant 50 sec contre 40 sec pour les filles. Il n'y avait pas de différence significative entre les sexes dans le temps de fixation du visage (46-48 sec). Mais tous les bébés n'étaient pas « intéressés » par l'expérience. 57 % des garçons n'ont même pas regardé le mobile et 64 % des filles n'ont pas fixé le visage. La différence observée entre les sexes ne concernait donc qu'environ 40 % des bébés. Cet écart n'était plus statistiquement significatif dès lors qu'on regroupait l'ensemble des bébés testés. De plus, les conditions mêmes de l'expérience n'ont pas été contrôlées rigoureusement. Certains bébés étaient allongés et d'autres assis sur les genoux d'un parent qui devait donc soutenir leur tête, risquant ainsi d'influencer la fixation du regard. Ces observations, effectuées il y a une quinzaine d'années, n'ont jamais été reproduites par d'autres équipes de recherche.

Les résultats de cette expérience n'autorisent pas les conclusions que Baron Cohen en tire : les garçons auraient naturellement des dispositions cognitives « spatiales » correspondant à leur intérêt pour les mathématiques et la compréhension des systèmes. Les filles auraient des dispositions sociales innées propices à l'empathie et l'attention pour autrui. Autrement dit, les différences d'intérêts et de comportements entre

les sexes seraient présentes dès les premières heures après la naissance. On ne peut donc incriminer l'influence de la culture et des normes sociales...

On ne s'étonnera guère que la thèse de Baron Cohen, en parfaite harmonie avec les stéréotypes sur les femmes et les hommes, ait beaucoup de succès auprès des défenseurs du déterminisme biologique qui ne se privent pas d'en faire la promotion dans les médias. En dépit de l'absence de preuves expérimentales robustes validées par la communauté scientifique (Fillod 2013).

LES DIFFÉRENCES ENTRE LES SEXES DE LA NAISSANCE À L'ÂGE DE TROIS ANS

Cette question est l'objet d'une publication récente d'Anne Fausto-Sterling, biologiste, philosophe des sciences et éminente spécialiste des études de genre (Fausto-Sterling 2012b). Son article passe en revue plusieurs centaines d'études sur le développement des enfants publiées entre 1950 et 2011. Ce travail apporte une documentation très riche pour qui cherche à comprendre comment se forment les identités des filles et des garçons et par là même, des femmes et des hommes. Il est en effet indispensable de disposer de données solides sur les périodes les plus précoces du développement de l'enfant pour détecter ou non la présence de différences entre les sexes, le moment de leur émergence et leur devenir dans le temps. La démarche n'est pas simple. Il s'agit non seulement de suivre les comportements des filles et des garçons mais aussi de les analyser en tenant compte du développement biologique et de l'influence de l'environnement des enfants.

L'acquisition du langage

Les différences entre les sexes dans le babillage des bébés ne sont pas manifestes avant 6 mois. À partir de cet âge, les filles dépassent légèrement les garçons dans l'expression verbale. Les performances langagières des deux sexes se recouvrent à 94%. Les différences entre les sexes s'accroissent vers 2-3 ans (36% de recouvrement) et concernent divers aspects du langage: production et compréhension des mots et des phrases, richesse du vocabulaire. Les raisons de la meilleure maîtrise du langage de la part des filles ne sont pas connues. Certains invoquent des différences biologiques (cerveau, hormones) qui restent à démontrer. D'autres font valoir le fait que dès le plus jeune âge, les adultes qui entourent les enfants parlent plus aux filles qu'aux garçons. Des études ont montré des corrélations statistiquement significatives entre les interactions verbales mère-enfant à 6 mois et le développement des capacités de langage à 17-24 mois. En allant vers l'âge adulte les différences entre les sexes dans le langage s'estompent progressivement. Quand on étudie par IRM les régions du cerveau qui sont impliquées dans le langage, les statistiques sur plus d'un millier de femmes et hommes testés ne montrent pas de différences entre les sexes (Kaiser 2009).

Compter et se repérer dans l'espace

Le sens des nombres apparaît vers l'âge de 6 mois. Les jeunes enfants sont capables de se représenter des petits nombres d'objets. Ils peuvent les manipuler pour faire des additions et des soustractions simples. À la fin de la deuxième année, les enfants distinguent le singulier du pluriel et utilisent le langage pour compter. La perception des relations géométriques, des distances et

des angles commence très tôt. Dès 5 mois, les enfants peuvent se représenter l'emplacement d'objets cachés et imaginer l'orientation d'un objet en rotation. Vers 18 mois, ils utilisent des repères géométriques de l'environnement pour s'orienter dans l'espace et trouver leur chemin. Toutes ces capacités qui permettent de maîtriser les opérations élémentaires en mathématiques s'observent de la même façon chez les filles et chez les garçons (Spelke 2005).

80

Et pourtant on ne cesse d'entendre dire que les femmes ne sont pas douées pour se repérer dans l'espace, lire une carte routière ou même réussir un créneau. Leur soi-disant infériorité en géométrie et en maths expliquerait pourquoi les filles ne s'orientent pas dans les carrières scientifiques et techniques. Il est clair que ces différences d'aptitudes, si elles existent à un instant t d'un itinéraire de vie, ne sont pas dues à des différences de capacités cérébrales présentes dès la naissance (Vidal 2012). C'est dans l'environnement social et culturel qui faut en chercher les origines. Par exemple, les jeunes garçons sont bien plus souvent incités à pratiquer des jeux de plein air comme le football, qui est un sport idéal pour apprendre à se repérer dans l'espace. Quand aux filles, elles sont fréquemment victimes des préjugés sur leur incapacité à faire des maths ou à bien conduire une voiture.

La préférence des jouets

Les études sur le comportement des bébés vis-à-vis des jouets qui leur sont présentés ne montrent pas de différence entre les sexes à l'âge de 3 mois. Les différences émergent vers 10 mois. Elles sont très marquées à 3 ans. Les filles préfèrent généralement les poupées

et les peluches tandis que les garçons sont plus attirés par les jouets à roue et les jeux de construction (de type légo). Ces données statistiques viennent de travaux menés en Europe et aux États-Unis, entre 1973 et 2005, chez des enfants principalement issus de la classe moyenne. Les préférences des enfants sont globalement conformes aux stéréotypes des adultes qui attribuent systématiquement le soin des enfants aux femmes et le goût de la mécanique aux hommes. Ainsi une étude a comptabilisé le nombre de jouets à roues présents dans les chambres d'enfants de la naissance à cinq ans : 375 dans les chambres des garçons et 17 dans celles des filles ! Rien d'étonnant à ce que les garçons, familiarisés dès le plus jeune âge aux voitures et aux camions, préfèrent ces jouets à d'autres. Inversement, les poupées sont majoritaires dans les chambres des filles. De très nombreux travaux montrent le rôle majeur des parents dans l'orientation des préférences des enfants (Fausto-Sterling 2012b). Dans la tranche d'âge de 12 à 27 mois, les adultes de l'entourage des enfants vont en majorité choisir des jouets différents selon le sexe. Ils tendent à réagir positivement quand les filles jouent à la poupée et négativement quand les garçons s'y intéressent.

Bilan

Si l'on dresse le bilan des recherches sur le développement postnatal des jeunes enfants, les différences telles que l'expression verbale, plus marquée chez les filles, et les préférences pour les jouets, émergent entre six mois et un an. Pendant ces mêmes périodes, les enfants sont soumis aux influences familiales et sociales qui contribuent au câblage des réseaux de neurones du jeune cerveau en pleine croissance.

Un travail important de recherche reste à mener sur les interactions mutuelles entre les facteurs de l'environnement et les processus biologiques de développement chez les jeunes enfants. Ces questions sont cruciales pour cerner l'origine des troubles du langage et du comportement tels que la dyslexie, l'hyperactivité ou l'autisme, qui affectent davantage les garçons que les filles. Une des clefs de la compréhension de ces mécanismes repose sur l'étude de la plasticité du cerveau.

CERVEAU, SCIENCE ET SOCIÉTÉ

Malgré ces avancées scientifiques, force est de constater que la thèse d'un déterminisme biologique de nos comportements fait toujours recette auprès d'un large public. (Fillod 2015, Jurdant 2012). L'argument de la «nature» apporte une explication rassurante face à la complexité de la vie psychique et des relations sociales, autrement plus difficiles à démêler. Ces idées ont des implications sociales et politiques lourdes de conséquences. Invoquer des raisons biologiques (génétiques, cérébrales ou hormonales) aux comportements des femmes et des hommes, sous-entend leur caractère normal et immuable. À quoi bon, dès lors, lutter contre notre nature ?

Or si les filles et les garçons ne font pas les mêmes choix d'orientation scolaire et professionnelle, ce n'est pas à cause de différences de capacités cognitives de leur cerveau (Vouillot 2014). Affirmer qu'il est plus naturel pour une femme que pour un homme de s'occuper de ses enfants à cause des hormones ou des gènes, c'est remettre en cause les lois sur l'égalité, les congés parentaux, la légalisation de l'homoparentalité. C'est aussi freiner les ambitions professionnelles des

femmes, encourager leur travail à temps partiel qui va de pair avec des salaires réduits. Prétendre que la testostérone donne aux hommes plus d'appétit sexuel que les femmes, ou encore que la violence résulte de pulsions hormonales irrépessibles, conduit à accepter cette violence comme inéluctable et remettre en cause les lois réprimant le harcèlement sexuel et les violences faites aux femmes.

Dans le contexte actuel où les thèses essentialistes ressurgissent pour attaquer les études de genre, il est crucial que les biologistes s'engagent pour remettre en cause les fausses évidences qui voudraient que l'ordre social soit le reflet d'un ordre biologique. Car la question de fond n'est pas celle des différences plus ou moins marquées entre les cerveaux des femmes et des hommes, mais celle de l'origine de ces différences. Penser nos différences à la lumière de la plasticité cérébrale rend caduque l'argument de la nature toute puissante. Inciter le public à réfléchir en ce sens, l'aider à s'emparer des notions scientifiques actuelles (telles que plasticité cérébrale, l'IRM...) dans les discussions, fait parti des missions de vulgarisation de la science. La participation des biologistes aux débats publics et citoyens est une nécessité à double titre: socialement pour donner à comprendre l'humanité dans toute sa diversité, et politiquement pour promouvoir les principes d'égalité entre les femmes et les hommes. ●

BIBLIOGRAPHIE

Alexander Gerianne M and Hines Melissa, 2002, Sex differences in response to children's toys in nonhuman primates (*Cercopithecus aethiops sabaeus*), *Evolution and Human Behavior*, 23: 467-479

Connellan, J., S. Baron-Cohen, S. Wheelwright, A. Batki, and J. Ahluwalia.
2000, Sex differences in human neonatal social perception. *Infant Behavior & Development* 23: 113–118.

De Mendonça J, Cossette L, Strayer F and Gravel F
2011, Mother-child and father-child interactional synchrony in dyadic and triadic interactions, *Sex Roles*, 64: 132-142

Fausto-Sterling Anne
2012a, « Corps en tout genre, » Paris, La Découverte

Fausto-Sterling Anne, Garcia C and Lamarre M
2012b, « Sexing the baby: Part 1. What do we really know about sex differentiation in the first three years of life ? », in *Social Science & Medecine*, 74: 1684-92.

Fillod Odile,
2013, Sexes, mensonges et vidéo : Baron-Cohen et le modèle norvégien
<http://alloodoxia.blog.lemonde.fr>

Fillod Odile
2014, Le camion et la poupée : jeux de singes, jeux de vilains
<http://alloodoxia.blog.lemonde.fr/>

Fillod Odile
2015, « Observatoire critique de la vulgarisation », <http://alloodoxia.blog.lemonde.fr/>

Hassett Janice M, Siebert Erin R, Wallen Kim,
2008, Sex differences in rhesus monkey toy preferences parallel those of children, *Hormones and Behavior* 54: 359-364.

Joel Daphna et al.
2015, « Sex beyond the genitalia: The human brain mosaic », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112:15468-73

Jurdant Baudoin, Ternay, J.-F.,
2012, « Du scientisme dans les médias, la double réduction », *Alliage*, 71: 12-25

Kaiser Anelis et al.,
2009, « On sex/gender related similarities and differences in fMRI language research », in *Brain Research Reviews*, 61 : 49-59

Kahn Axel
2007, « L'homme, ce roseau pensant », Odile Jacob

Le Maner-Idrissi Gaid
1997, « L'identité sexuée », Paris, Dunod

May Anne
2011, « Experience-dependent structural plasticity in the adult human brain », *Trends in Cognitive Sciences*, 15: 475-82.

Rose Steven
2006, *Lifelines: Biology, freedom, determinism*, New York : Vintage Books.

Spelke Elisabeth
2005, Sex differences in intrinsic aptitudes for mathematics and science ? a critical review, *American Psychologist*, 60: 950-958.

Vidal Catherine
2010, « Le cerveau évolue-t-il au cours de la vie ? », Paris, Le Pommier

Vidal Catherine
2012, *Les filles ont-elles un cerveau fait pour les maths ?*, Paris, Le Pommier

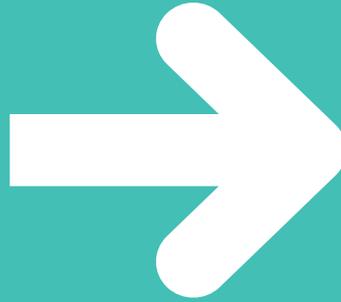
Vidal Catherine
2015, « Nos cerveaux, tous pareils, tous différents ! » Paris, Belin, collection Egale à Egal

Vidal Catherine et Benoit-Browaeys Dorothée
2015, « Cerveau, Sexe et Pouvoir », Paris, Belin, nouvelle édition

Vouillot Françoise
2014, « Les métiers ont-ils un sexe ? » Paris, Belin, collection Egale à Egal

Isabelle Filliozat

écrivaine, psychothérapeute,
Aix-en-Provence



Quand les émotions s'en mêlent

Ne sont-ils pas mignons ces enfants (désignant les poupées sculptures sur la scène). Ils sont là, tranquilles. Ils jouent chacun avec un petit truc. Ils sont silencieux et ils regardent les adultes. Comme on aimerait que cela se passe comme ça tous les jours! Seulement voilà, dans la réalité c'est en général plus vivant. Il y en a un qui est terrifié dans un coin et un autre qui est là à pleurer parce sa maman n'est pas là, et puis il y a les bagarres, il y en a un à qui on a arrache un jouet et hop il se met à hurler. Un autre qui crie, bref les émotions des enfants, nous les adultes, parfois, on s'en passerait bien. D'autant qu'on ne nous a jamais rien expliqué sur toute cette affaire d'émotions. Quand on était enfants, nos parents nous disaient des choses comme: «Va faire ta colère dans ta chambre». Donc face à une colère de nos enfants, on a un peu tendance à leur dire «calme-toi tout de suite!» On se trouve bien démuné face à toutes ces réactions émotionnelles qui sont pourtant légion.

D'abord qu'est-ce que c'est qu'une émotion?

Remontons l'histoire de l'humanité pour comprendre. Notre cerveau nous permet de nous adapter à notre environnement. Dans un premier temps nous ne disposions que d'un cerveau archaïque. Je vous présente ici la théorie de Mac Lean sur le cerveau triunique. Nous aurions trois cerveaux qui se seraient superposés au cours de l'histoire de l'humanité, le cerveau reptilien, le cerveau limbique, puis le néocortex. C'est hyper schématique, et plus tout à fait «vrai». En réalité on ne peut distinguer à ce point trois zones. Le cerveau fonctionne vraiment comme un tout en interconnexion permanente. Mais sur le plan didactique, ce concept schématique nous aide à comprendre ce qui se passe.

Notre cerveau archaïque nous conférait peu de liberté mais nous disait «je m'approche» ou «je m'éloigne». Il mobilisait trois réactions assurant notre survie, l'attaque, la fuite, ou l'immobilisation. On est dans le stress, les réactions automatiques d'approche ou de fuite, pas encore dans l'émotion.

Puis s'est développé le cerveau dit limbique qui englobe diverses structures permettant l'émotion. Le stress est non spécifique. Une émotion est une réaction spécifique: La colère permet de définir son territoire, elle précise les limites de notre identité. La peur nous permet de faire face au danger. Nous éprouvons de la joie lorsque nous vivons un événement heureux, quand nous réussissons quelque chose. Chaque émotion a une fonction, elle nous permet de nous adapter plus particulièrement à telle ou telle situation.

Il n'y a pas d'émotion «négative». Toutes les émotions sont utiles. Si je n'ai pas peur alors qu'un camion me fonce dessus, je me fais vite écraser. La peur nous permet de mobiliser suffisamment d'énergie à l'intérieur de nous pour fuir. Les émotions ne sont pas des phénomènes «psychologiques». On a cru longtemps que l'émotion était psychologique, mais en réalité les émotions sont des réactions d'abord physiologiques. Ce qui est d'ordre psychologique, ce sont les réactions émotionnelles parasites, nous y reviendrons. Dans le cas de l'émotion, l'amygdale cérébrale déclenche une libération d'hormones dans l'organisme avant d'informer les zones néocorticales. Le néocortex cette couche sur le dessus du cerveau nous permet de réfléchir, de penser, d'associer. C'est ce qui nous confère notre intelligence. Mesurons que la réaction émotionnelle démarre d'abord dans le corps avant que le cerveau ne soit informé. Une émotion, ce sont des neurotransmetteurs, de la chimie entre les neurones: de la dopamine pour la joie notamment, des opioïdes... Des informations chimiques sont transmises. Il y a aussi les hormones libérées dans le corps, c'est de la chimie à l'intérieur du corps, adrénaline, cortisol. Des informations sont aussi échangées par influx électrique.

C'est important de réaliser qu'il s'agit d'un phénomène chimique et électrique parce que trop souvent nous pensons que les émotions sont psychologiques, et qu'elles dépendent de ce que nous pensons. Or nous avons à mesurer que c'est corporel. Quand nous commençons à sentir que «ça» monte, on a les jambes toutes tendues, on a les bras qui ont envie de taper, on a la mâchoire qui avance et bien oui c'est la colère, c'est pareil pour un enfant, lorsqu'on lui pique son jouet, il a cette réaction biologique avant de pouvoir réfléchir à «comment je gère ce qui se passe à l'intérieur de moi»

Mesurer à quel point il s'agit d'un processus physique nous permet de réaliser que nous avons à aider les enfants sur le plan physique et pas seulement en les aidant les mettre des mots. Leur dire «Tu es en colère mon chéri?» ne va pas suffire. Cela ne fonctionne pas, parce qu'il y a toute cette réalité physique à l'intérieur du corps, et les enfants ont besoin d'aide pour la réguler.

Nous confondons aussi souvent stress et émotion. Le stress est une réaction physiologique d'adaptation face à toute stimulation. L'émotion est une réaction physiologique d'adaptation aussi, mais à des stimuli spécifiques. La différence entre stress et émotion, c'est que le stress est une réponse d'adaptation non spécifique tandis que les émotions sont spécifiques.

Non spécifique signifie que n'importe quelle nécessité d'adaptation mobilise à l'intérieur de nous cette réaction de stress. Cortisol, adrénaline, je suis là, je suis prêt à agir. Quelque chose de super joyeux va aussi mobiliser une nécessité de s'adapter, donc du stress.

Hans Selye l'introducteur de ce concept de stress comme réaction d'adaptation, distingue détresse de

l'eustress, le stress qui intervient lorsque quelque chose de positif se passe, mais les deux sont du stress. Dans notre société on a commencé à parler de stress un peu n'importe comment comme quelque chose de négatif, en réalité le stress est une fonction biologique très utile, puisqu'il s'agit d'une réaction d'adaptation. C'est l'accumulation qui pose problème. Quand il y a une charge de stress trop importante forcément on va avoir davantage de cortisol dans le corps et au bout d'un moment on peut s'épuiser, ne plus réussir à s'adapter. Quand le corps reste ainsi sous tension pendant un moment, nous pouvons devenir plus réactifs à toutes sortes de choses. Les petits notamment peuvent avoir des réactions émotionnelles extrêmes sur de petites choses... on ne comprend pas. En réalité, c'est parce que l'enfant était sous stress, avait accumulé beaucoup de tensions. La dernière petite frustration fait juste éclater les tensions accumulées.

Il se met à hurler, il se roule par terre, qu'est-ce que je fais? Parfois on a appris la parentalité positive, l'approche empathique de l'enfant, donc on s'approche de l'enfant et on lui dit «ah tu es vraiment furieux!» et il continue à se rouler par terre.

Et on est là «tu es vraiment furieux, c'est dur pour toi,» etc. Mais si on verbalise qu'il s'agit de colère. On nourrit l'enfant de l'idée que ce qu'il est en train de faire c'est de la colère. Mais est-ce de la colère? Peut-être pas.

Quand un enfant se roule par terre dans tous les sens, qu'il crise, c'est de la rage! Donc il y a probablement une accumulation de stress et pas forcément de la colère...

Cela fait toute la différence. Parce que s'il s'agit de stress, je vais juste avoir à l'aider à libérer toute ces

hormones qu'il y a à l'intérieur, toute cette énergie qui est mobilisée, tandis que si c'est une émotion, c'est utile de l'écouter.

Si nous sur interprétons une décharge de stress en lui disant «ah tu es en colère» il va devenir de plus en plus colérique. Et ce n'est pas notre objectif!

Il est donc important de savoir distinguer ce qui est seulement du stress et ce qui est véritablement de la colère. Et cela vaut pour chacune des émotions.

La réaction de stress est déclenchée par l'amygdale (ce n'est pas l'amygdale dans la gorge, c'est l'amygdale qui est dans le cerveau).

La phase d'alarme du stress, c'est: il se passe quelque chose! Notre organisme dispose de trois possibilités, inscrites biologiquement depuis des milliers d'années. Soit j'attaque: un tigre à dents de sabre me fonce dessus, paf je lance mon javelot! Quand on voit un enfant lancer des objets peut-être bien que c'est cette réaction archaïque de stress. «Je lance, je frappe, j'attaque».

Soit je fuis, j'esquive, je pars.

Soit je peux ni attaquer ni fuir, et donc je reste immobile. On ne se dit pas «je dois rester immobile». Le corps se fige, c'est biologique. Parfois des gens disent «j'ai trouvé la technique pour calmer mon enfant dans le super marché: il se met à hurler, il se roule par terre, je me planque dans le rayon d'à côté, et voilà, il se calme instantanément, preuve que c'est de la comédie». C'est une interprétation bien loin de la réalité. La réaction de rage a été déclenchée suite à notre refus d'un petit jouet, ou un paquet de bonbons. Mais ce n'est que le déclencheur. Il est probable que l'enfant était sous stress. Dans un supermarché, il y a énormément de stimulations visuelles, auditives, tactiles... Le cerveau est

vite surstimulé et cherche: «est-ce que je peux trouver quelque chose pour calmer mon cerveau?» Il avise un jouet: «ah un truc que je connais qui clame mon cerveau, je veux ce nounours!». Hélas, nous croyons qu'il veut réellement un nounours. Nous ne réalisons pas que nous pourrions dire: «ah mon chéri tu as besoin de calmer ton cerveau». Nous avons plutôt tendance à dire: «non tu as déjà cinq nounours à la maison, et il n'est pas question d'en acheter un autre...» etc. C'est notre manque d'empathie qui déclenche la crise, pas la privation de nounours. L'enfant se sent profondément incompris et surtout nous déclenchons ainsi de la souffrance dans son cerveau.

L'enfant était chargé de stress. Lorsqu'il a vu le nounours, son cerveau a secrété des opioïdes, des petites molécules activant le circuit du plaisir. Lorsque nous refusons le nounours, nous déclenchons donc une chute de ces opioïdes, ce que le cerveau interprète comme de la douleur, déclenchant une tempête électrique dans le cerveau, et des bras et des jambes qui vont dans tous les sens.

Dès que les membres de l'enfant vont dans tous le sens c'est du stress, ça n'est pas de la colère.

Pourquoi est-ce que l'enfant se calme dès que la maman ou le papa est dans un autre rayon. Eh bien, il ne se calme absolument pas, il se fige!

Un bébé, un petit enfant, est comme tous les mam-mifères. «Si ma figure d'attachement est présente, je peux me permettre de laisser libre cours à ce que je vis à l'intérieur. Je peux lâcher mon stress. Mais si ma figure d'attachement disparaît automatiquement, biologiquement, je deviens silencieux. On ne sait jamais s'il pouvait passer un danger.»

Immobilisation, faire le mort, ça s'arrête à l'intérieur. Mais il suffit que la figure d'attachement reparaisse, je vois ma figure d'attachement, et ça déclenche l'expression du stress, les pleurs, les cris. Ça n'a rien à voir avec une comédie, mais il est vrai que si nous ne comprenons pas ces mécanismes biologiques on peut se dire qu'il fait la comédie.

Quand nous voyons un enfant attaquer, fuir ou bien s'immobiliser, c'est du stress. La réaction d'immobilisation commence simplement par une réduction du tonus musculaire. Les scientifiques ont pu observer qu'il suffit qu'on regarde quelqu'un avec les sourcils froncés pour qu'immédiatement notre tonus musculaire diminue.

Dès que nous fronçons les sourcils, il y a des chances que nous mettions les enfants sous stress. Du coup ils s'immobilisent puis comme il y a toujours du stress à l'intérieur d'eux, qu'est-ce qui va se passer très rapidement? Peut être que face à nous, ils restent tranquilles, mais dès qu'ils sont en contact avec un autre enfant, ça ressort obligatoirement. Dès qu'il va se sentir plus en sécurité ou plus libre ou en situation de pouvoir (comme sur un autre enfant), il va attaquer. Parce que l'attaque lui permet de se libérer de cette charge de stress.

Nous, en tant que professionnel-le-s, avons besoin d'avoir des outils pour aider à la libération de ce stress. Déjà comprendre ce mécanisme de manière à ne pas augmenter le stress des enfants mais surtout mesurer que lorsqu'il s'agit de stress, ne sur interprétons pas en leur disant que ce sont de émotions, c'est inutile, c'est juste du stress.

Comment libérer ce stress? Le stress c'est dans le corps, et donc l'enfant à besoin de lancer, de taper, il a besoin de pouvoir taper des pieds. Dans son corps il y a

de la chimie, son corps est prêt à agir pour s'adapter. Et donc il a besoin d'agir.

Faire courir un enfant va l'aider davantage que de lui demander de se calmer.

Une émotion est une réaction physiologique adaptative. Ce sont d'abord des hormones dans le corps, puis ensuite seulement l'information arrive au niveau du néocortex. Ça s'appelle scientifiquement «la voie rapide».

Mais nous voyons toutes sortes de réactions émotionnelles qui n'ont pas l'air en lien avec quoi que ce soit. On ne comprend pas ce qui se passe, et ce ne sont pas des réactions adaptatives. Par exemple, un enfant peut être là terrorisé devant quelque chose, un petit toboggan, un petit jouet. Or il n'y a pas de danger.

Très souvent nos réactions émotionnelles ont l'air de nous désadapter, d'ailleurs il suffit de regarder dans les dictionnaires encore à l'heure actuelle, il est écrit émotion égal perturbation. Nous avons ainsi cette idée qu'une émotion perturbe, et c'est vrai que parfois une émotion peut nous empêcher de réagir de manière appropriée. On peut se sentir très en colère contre un enfant, mais évidemment cela ne va pas être approprié d'exprimer notre colère.

Certains ont peur de monter dans un avion, ce n'est pas adaptatif. Avoir peur de prendre l'ascenseur, n'est pas adaptatif non plus.

De quoi s'agit-il alors? C'est une réaction émotionnelle bien sûr, mais c'est une réaction émotionnelle qui nous parasite et à ce moment-là moi je ne l'appelle pas émotion, mais plutôt réaction émotionnelle parasite. Les scientifiques la nomment «voie lente».

Les scientifiques disent émotion voie rapide ou émotion voie lente. J'utilise les termes émotion pour voie rapide et réaction émotionnelle parasite ou sentiment pour la voie lente. La première est physiologique, la seconde fait intervenir le psychologique, la pensée.

Une émotion se déroule en trois phases. Le plus souvent nous pensons à une émotion en terme du moment où l'enfant pleure, mais non quand l'enfant pleure il est en train de se libérer de l'émotion. L'émotion nous prépare à faire face à ce qui se passe. Charge ensuite tension puis si nous n'avons pas utilisé toute l'énergie pour agir, il reste des tensions en nous, nous les déchargeons en pleurant ou tremblant.

Un exemple simple pour nous les adultes: Je suis en voiture, je conduis tranquillement. Tout d'un coup un camion vient en face de moi, il double un autre camion, il y a un précipice de l'autre côté, qu'est-ce que fais? Évidemment je n'ai pas le temps de réfléchir et de me poser la question de ce que je dois faire, tourner mon volant comme ci ou comme ça. Donc en cas de danger, mon néocortex, est inhibé. C'est important pour mieux comprendre ce qui se passe pour nos enfants: les zones qui réfléchissent sont bloquées lorsqu'il y a une urgence émotionnelle.

Souvent après un accident, les gens disent «j'avais l'impression que le temps était démultiplié». C'est que notre cerveau va dix fois plus vite, parce qu'il y a urgence, et surtout il fonctionne de manière automatique. Et donc de manière automatique, grâce à la peur, nous allons faire le geste juste qui va nous permettre de nous sauver. Donc charge, je sens qu'il se passe quelque chose, et tension jusqu'à ce que je suis sois tension, jusqu'à ce

que la situation soit réglée, puis ensuite je me mers sur le bas-côté, je descends de voiture, et là que se passe-t-il? Je tremble de tout mon corps et je pleure et je crie. Et malheureusement il y a toujours un pompier qui vient et qui dit « mais Madame ce n'est pas la peine de pleurer, c'est fini! ».

Alors que nous étions juste en train de décharger le trop plein de tension pour retrouver la relaxation.

Hélas, quand un pompier nous dit « stop stop calmez-vous, calmez-vous! » malheureusement on a tendance à bloquer notre respiration et à tout stopper. Après par contre dès qu'on s'endort, on va revivre l'accident de nouveau faire des cauchemars, ça risque de revenir dans nos rêves. Parce que l'émotion ne sera pas sortie et on sera resté en tension.

90

Lorsque nous n'avons pas la possibilité d'exprimer l'émotion nous la gardons à l'intérieur de nous.

Une émotion est une réaction physiologique de l'organisme. Ça prépare notre organisme à agir, et si nous n'utilisons pas cette énergie jusqu'au bout, il en restera des traces dans notre corps. Comme on est resté en tension le moindre le petit truc qui gratte et ça déclenche la libération des émotions contenues. Quand l'enfant arrive dans la structure d'accueil, il peut déjà être chargé de stress et de diverses émotions, parce que leurs parents n'ont pas été forcément à l'écoute de tout ce qui s'est passé dans les interactions depuis leur réveil. Il suffit alors d'un petit détail, un copain qui ne prête pas son jouet pour faire éclater ce que l'enfant gardait dans son corps et son coeur.

Une accumulation de stress est associée à une augmentation du cortisol dans le corps, l'hormone du

stress. Or un faux taux de cortisol donne un enfant dans la défiance, dans une tension permanente et qui argue sans arrêt, hyperactif ou totalement passif.

Quand un enfant est souvent dans de telles réactions, au lieu d'imaginer qu'il s'agit d'un enfant problématique, nous pouvons penser en termes de charge de stress trop importante.

Le chercheur Bowlby a élaboré la théorie de l'attachement. Selon cette théorie l'enfant vient au monde avec des savoirs-faire innés. Il sait regarder, sourire, et cela lui permet d'entrer en relation avec les autres et donc de survivre. La mère de son côté est intuitivement en mesure d'être proche de son bébé. Ces échanges nourrissent l'attachement qui est l'équivalent de l'empreinte chez l'animal.

Les petits canards s'attachent au premier objet qu'ils voient à la sortie de l'oeuf, c'est l'empreinte. Pour les enfants il s'agit d'un processus qui s'étale sur les neuf premiers mois de la vie et plus, et heureusement, sinon tous nos enfants seraient attachés à l'obstétricien ou à la sage femme.

La figure d'attachement principale est la personne qui s'occupe prioritairement du bébé dans les neuf premiers mois de sa vie, donc dans notre société majoritairement la maman, et il y a des figures d'attachement secondaires. Dans les structures petite enfance la personne qui s'occupe de l'enfant est une figure d'attachement. C'est à dire qu'il va se tourner vers cette figure d'attachement lorsqu'il se sentira en danger ou aura besoin de se calmer.

En effet, le simple fait de communiquer avec la figure d'attachement calme le cerveau.

Un film d'Edward Tronick et l'expérience du visage impassible.

Il propose à une maman et son bébé une expérience. Il les installe face à face, et ils communiquent, ils interagissent. Si on avait des IRM fonctionnels, on verrait que leurs cerveaux sont en train de s'accorder, de se mettre sur la même longueur d'ondes. Le fait d'être en interaction comme ça avec le bébé l'aide à développer et structurer dans son cerveau ses réseaux de neurones.

On demande alors à la maman de se retourner puis de revenir avec le visage impassible. Elle est là, présente à son enfant, elle le regarde, mais elle reste impassible.

L'enfant cherche à désigner, elle refait ce qui marchait avant, et elle cherche à obtenir une réponse, à retisser le lien. Elle pousse un cri aigu. Quand on entend ce type de son très aigu on peut penser qu'il y a un problème d'attachement.

Et l'enfant cherche à se tourner et il sent tout se stress qui monte. On le voit, le stress est biologique, et il perd complètement son tonus musculaire.

Heureusement maman n'est pas cruelle, et elle rétablit le lien, et vous allez voir la rapidité avec laquelle le lien se rétablit.

On ne peut pas être tout le temps présent à l'enfant. Bien sûr il arrive que nous pensions à autre chose, que nous ne soyons pas disponible ou avec un autre enfant, il y a forcément très souvent des pertes d'attachement. Notre vie est perte d'attachement, ré-attachement. Sans arrêt nous nous adaptons. C'est juste naturel. Le problème c'est que quand un enfant se met à perdre son tonus musculaire et que qu'on continue à faire un visage impassible, voire un visage sévère, parce qu'on nous a dit qu'il fallait poser des limites, on nous a dit que ce

n'était pas tolérable qu'un enfant se roule par terre du coup... Au lieu de réaliser que s'il se roule par terre cela veut dire qu'il est déjà plein de stress, que le cortisol est partout dans son corps, qu'il a besoin de mon cerveau à moi, mon cerveau d'adulte pour pouvoir rétablir les bonnes connexions dans le sien, pour rétablir le calme à l'intérieur de lui. Il a besoin que je sois là présent, que le prenne, le contienne éventuellement et s'il est un peu plus grand, peut-être que je lui permette de bouger plus, de libérer tout ce stress qu'il a à l'intérieur, de la même manière que moi après un accident j'ai besoin de pouvoir trembler et crier, l'enfant a besoin de se libérer de toute cette charge de stress, mais pas juste tout seul dans un coin, pendant que moi je suis ailleurs, non, il a besoin d'être accompagné et a besoin que le cerveau de l'adulte soit présent.

Pourquoi? Parce qu'on l'a vu, le cerveau du petit enfant et de la maman se coordonnent. Notre cerveau quand un enfant est pris par sa réaction émotionnelle, ça veut dire que son amygdale est hyper stimulée. Nous savons aujourd'hui que le simple fait de regarder avec tendresse un enfant, le toucher, va diminuer le taux de cortisol dans son corps parce que cela déclenche une sécrétion d'ocytocine.

On sait tous qu'il y a souvent une personne dans la structure qui va calmer plus enfant qu'un autre, et pourquoi pas, c'est naturel peut-être que cette personne a été identifiée davantage comme une figure d'attachement. En tout cas l'adulte a besoin d'être là pour aider le cerveau du petit enfant à connecter.

Je suis là et non seulement je stimule le déclenchement de l'ocytocine dans son cerveau, pour calmer son amygdale, calmer donc cet afflux de cortisol dans son corps, mais plus encore, comme je lui parle tendrement, je

connecte les zones : « je me sens en sécurité » avec les zones « Voilà ce qui est en train de se passer pour moi ». Notre cerveau est malléable et se construit en fonction des interactions que nous avons avec les gens qui nous entourent. Chaque fois que j'interagis avec un enfant je construis son cerveau. Je lui permets de tisser telle ou telle connexion, je lui permets d'établir des synapses avec telle ou telle chose. Évidemment, ce n'est pas une fois où j'ai réagi de manière un peu violente que cela va organiser le cerveau pour toujours. Et, bonne nouvelle, on peut réparer.

92

Nous portons cette responsabilité de la maturation du cerveau de l'enfant. Cela nous permet de nous dire : « je ne suis pas seulement en train de gérer une crise, je suis en train de fournir du carburant à son cerveau je suis en train d'éduquer ce cerveau à savoir se calmer. Des études montrent que lorsque l'adulte interagit avec un enfant de manière tendre, met des mots sur ses émotions, sur ce qu'il est en train de vivre, et surtout qu'il est là, présent, cet enfant va avoir de meilleures capacités à réguler ses émotions que si on lui dit « va dans ta chambre » ou « va te mettre dans le coin » dans la structure.

Il arrive encore qu'on mette un enfant au coin. De moins en moins heureusement. Mettre au coin un enfant perturbé, c'est l'isoler... Si on l'isole, on rompt l'attachement, donc on va avoir plus de stress encore ! Parfois des professionnels s'interrogent, l'enfant sort du coin et rigole. Maintenant que nous avons vu le film d'Edward Tronick nous pouvons mieux comprendre ce qui se passe. L'enfant rit parce qu'il cherche à retisser l'attachement, il ne supporte pas d'être exclu. Une exclusion chez tout humain va déclencher de la douleur,

la même zone que lorsqu'on a mal physiquement. La mise au coin déclenche de la douleur dans le cerveau de l'enfant et il est programmé pour tenter de restaurer l'attachement. C'est inscrit biologiquement en lui. Il ne se dit pas : « je vais manipuler », mais son cerveau lui fait reproduire les gestes qui d'ordinaire attirent l'attachement. D'habitude quand je souris et que je rigole on me sourit et on rigole, donc je le fais pour stimuler le sourire en face de moi. Ce n'est pas de la manipulation, ce n'est pas de l'insolence. C'est juste une réaction naturelle et spontanée de stress.

Quand on mesure tout cela, on se dit que dans les structures d'accueil on a vraiment à donner énormément de sécurité aux enfants de manière à ce qu'ils ne vivent pas de stress excessif. Difficile de donner de la sécurité aux enfants quand ils sont si nombreux.

Sécurité pour un enfant c'est de l'attachement envers un adulte mais aussi des capacités de faire ensemble avec d'autres, évidemment les tout-petits ne savent pas forcément jouer ensemble mais ils sont ensemble. S'ils ont suffisamment de liberté alors ils peuvent être ensemble.

Ce qui donne de la sécurité ce n'est pas seulement notre présence heureusement, c'est aussi la liberté de mouvement. Il est important que les enfants puissent être libres de bouger, d'expérimenter, de pouvoir aller ici et là. Plus ils développent de mouvement dans leurs corps, mieux c'est. Il y a eu toute une période où on mettait de petits transats dans les structures petite enfance. On les enlève désormais, car lorsque les enfants sont trop longtemps assis, ils ne peuvent pas développer leur sentiment de pouvoir personnel et sont insécurisés. La généralisation des transats et autres coques et sièges

confortables est une des raisons pour lesquelles on a de nos jours des enfants de plus en plus peureux. On croit parfois que c'est parce que la mère les couve trop, mais c'est rare. En réalité le vrai problème est souvent dans le fait que les enfants d'aujourd'hui sont beaucoup trop assis.

Assis dans une chaise pour manger, puis dans une chaise pour attendre un petit peu, ensuite devant la télévision, puis ensuite on les met dans la voiture assis dans un siège auto, ensuite quelques fois on les apporte dans la structure encore dans assis dans la coque, bref ils sont assis quasi en permanence, ce qui les empêche de muscler leur dos et effondre complètement les muscles du périnée. Ces derniers étant particulièrement importants dans la régulation du tonus musculaire, de l'attention et de la régulation des émotions. Plus on est en contact avec sa propre force, plus on est capable de réguler ses émotions et le stress.

Il y a encore une autre problématique de nos jours. Avec une loupe et de bons yeux on peut lire sur certains produits contenant un des colorants épinglés par la commission européenne: «Peut avoir des effets indésirables sur l'activité et l'attention chez les enfants». Les parents ne sont pas toujours très attentifs à ce qu'ils achètent dans les supermarchés. On peut imaginer l'amoncellement de preuves que la commission européenne a pu brandir pour obtenir cette mention des industriels. Il n'y en a pas que sur le bonbons. Il n'y en a dans les raviolis, dans les plats préparés, dans des surgelés... Un enfant qui a mangé ce genre de choses ne peut pas ensuite être calme et tranquille.

Nous voyons dans la structure d'accueil un enfant très énervé, incapable de se concentrer, qui va sans arrêt

bagarrer avec les autres. Ca ne veut pas dire qu'il est particulièrement colérique, ou qu'il a des problèmes parce que ses parents sont divorcés, ça veut dire que peut-être il a mangé quelque chose qui développe une telle inflammation dans son organisme qu'il réagit par des réactions comportementales de stress.

Aujourd'hui la quantité de toxiques, les perturbateurs endocriniens etc. modifient énormément les capacités cérébrales et souvent surchargent les capacités cérébrales d'un enfant. Nous avons besoin d'y être attentifs. Nous avons aussi besoin d'être attentifs à l'impact du sucre. De nombreuses études on permis de mesurer combien le sucre peut déclencher, ce qu'on va appeler de la colère, mais qui n'en est pas, ou du déficit d'attention, qui n'est pas du déficit d'attention, qui est de l'hyperglycémie suivi d'hypo glycémie. Même un jus de pomme bio donné à 11h aux enfants peut déclencher hyper glycémie puis hypo glycémie. Donc si on constate dans la structure qu'on donne un petit jus bio aux enfants, et quelques minutes plus tard ils sont particulièrement excités, puis on a tous des enfants apathiques, on peut imaginer changer nos pratiques. Ceci dit, chaque enfant va réagir différemment et il y des enfants plus ou moins sensibles au sucre.

Attention à la tentation du jugement. Nos jugements risquent d'augmenter les comportements problématiques. Si on pense «tel enfant est vraiment colérique», nous allons interpréter la plupart de ses réactions comme de la colère. Et il va répondre à notre attention, il va augmenter ses colères. Les préjugés sexués jouent un rôle aussi. Quand on voit une petite fille crier, on va souvent dire «oh elle a peur» ou «elle est triste». Tandis

que si c'est un petit garçon pour le même cri on va dire «il est en colère».

Maintenant je vais vous montrer quelque chose de révolutionnaire. C'est une émission d'Oprah Wimpfrey avec Priscilla Dunstan que vous pouvez retrouver sur internet. Un bébé qui dit «neh», il est en train de dire «j'ai faim». Parfois nous voyons un bébé faire «héh, héh»et nous on lui dit «oh il est en colère ce bébé». Et peut être qu'on va l'aider à exprimer sa colère etc. alors que non, il est en train de dire «j'ai trop chaud», ou «ma couche est mouillée».

94

Un bébé qui exprime quelque chose, parfois ce sont des émotions, mais le plus souvent c'est un besoin biologique. Et un bébé qui fait «èèrh, èèrh» a mal dans le bas de son ventre.

Un bébé qui a sommeil dira «Aoh, Aoh,» ça veut dire «j'ai sommeil», et si donne à boire à un bébé qui fait «Aoh», bien sûr il va boire parce qu'on le lui propose, mais ça risque de le réveiller et de lui faire rater son train de sommeil.

Le livre «il pleure que dit-il» que j'ai publié dans ma collection explique tout cela en détail. Il est de Priscilla Dunstan, une femme fabuleuse. Elle a une mémoire de la structure des sons et quand elle s'est retrouvée un jour avec son bébé dans ses bras, pleurant et elle-même pleurant parce qu'elle n'en pouvait plus, elle s'est dit «comment je vais faire?, il faut que j'arrive à peut-être utiliser mon don». Elle a écrit sur un cahier la structure du son prononcé par son bébé, et après ce qui finissait par le calmer. Et elle a découvert que lorsqu'un réflexe inné est associé à un son, cela produit comme un langage. Lorsque bébé par exemple a faim, il a le réflexe de succion, il a forcément la langue qui monte au palais. Et

quand le son vient avec, ça fait «Nèh», c'est pour cela que «Nèh» signifie «j'ai faim» tout simplement. Ce n'est donc pas un langage mystérieux, mais un langage dépendant des reflexes liés à des sons.

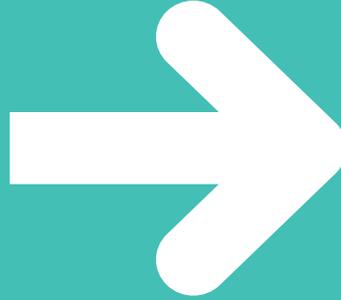
Tout ça pour dire que trop souvent aujourd'hui nous surdimensionnons et sur interprétons en pensant que tout est émotion. Non, tout n'est pas émotion, de nombreuses réponses sont des réponses physiologiques d'adaptation. En étant plus à l'écoute, en nourrissant les enfants de liens, de liberté et de mouvement, nous arriverons à gérer nombre de situations émotionnelles qui nous paraissaient complexes. ●

BIBLIOGRAPHIE

- 1992, *Trouver son propre chemin*
- 1997, *L'intelligence du cœur*
- 1999, *Au cœur des émotions de l'enfant*
- 2001, *Que se passe-t-il en moi*
- 2001, *L'année du bonheur*
- 2003, *Le corps messenger*
- 2004, *Je t'en veux, je t'aime*
- 2005, *Fais-toi confiance*
- 2006, *Utiliser le stress pour réussir sa vie*
- 2008, *Il n'y a pas de parent parfait*
- 2009, *Maman, je ne veux pas que tu travailles*
- 2009, *Les autres et moi*
- 2010, *Cahiers de travaux pratiques pour apprendre à gérer ses émotions*
- 2011, *J'ai tout essayé*

Édouard Gentaz

professeur de Psychologie
du Développement, Faculté de
Psychologie et des Sciences
de l'éducation, Genève



Comment favoriser les apprentissages fondamentaux chez les jeunes enfants ?

Apport des sciences cognitives interventionnelles

I - DES SCIENCES COGNITIVES FONDAMENTALES AUX SCIENCES COGNITIVES INTERVENTIONNELLES

Le premier objectif des sciences cognitives est de comprendre la nature des connaissances humaines, leurs formats, leurs organisations, leurs évolutions, acquisitions et constructions. Elles permettent ainsi de répondre à des questions fondamentales telles que: comment percevons-nous notre environnement? Comment conservons-nous nos expériences? Comment communiquons-nous? Comment raisonnons-nous? Comment nous développons-nous? Comment apprenons-nous? Les sciences cognitives sont un ensemble de disciplines scientifiques comprenant la psychologie (générale et du développement), la philosophie, la linguistique, l'anthropologie, l'informatique (et plus particulièrement l'intelligence artificielle), et enfin les neurosciences. Aucune de ces disciplines ne peut prétendre répondre, à elle seule et de manière sérieuse, à ces questions et en

particulier à celle des apprentissages et de l'éducation. Par exemple, les neurosciences appliquées à l'éducation produisent des résultats très intéressants mais souvent déconnectés de la situation sociocognitive et affective des professionnels, qui doivent s'occuper d'un groupe d'enfants, issus de différents milieux socio-culturels, durant de longues heures tout en suivant un programme ou un projet pédagogique. Les résultats des neurosciences ne prendront du sens pour les professionnels que s'ils sont mis en perspective avec ceux d'autres disciplines. Par exemple, la compréhension des mécanismes cérébraux d'apprentissage du langage écrit implique forcément de prendre en compte les caractéristiques de notre langue, c'est-à-dire des savoirs linguistiques.

Les sciences cognitives en tant que discipline vont naître et se développer à partir des années 1950, concurrentement en trois lieux. Aux États-Unis, au *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) où est organisé, en 1956, le

célèbre *Symposium on Information Theory* (Symposium sur la théorie de l'information); et à l'Université Harvard, avec la création par Jérôme Bruner et George Miller du Centre d'études cognitives. Enfin, en Europe, à l'Université de Genève, avec la création par Jean Piaget en 1955 du Centre international d'épistémologie génétique.

Plus récemment, une partie des chercheurs en des sciences cognitives ont développé dans leurs recherches une dimension interventionnelle, consistant en particulier à élaborer et évaluer les effets de programmes d'intervention spécifique (appelés aussi «training» / «entraînement») fondés sur les résultats des recherches fondamentales. Il est donc légitime que les sciences cognitives interventionnelles s'intéressent à l'acquisition et la construction des savoirs chez les jeunes enfants.

Les protocoles de recherche en sciences cognitives interventionnelles se sont dotés de méthodes (i.e. des outils intellectuels) permettant d'appréhender une partie de la réalité concernée par chaque question éducative, en particulier la méthode expérimentale. Cette dernière a comme souci principal «d'administrer la preuve» au sens de Claude Bernard, c'est-à-dire de montrer qu'un facteur (e.g., une technique d'apprentissage) est bien la principale cause de l'apparition d'un comportement observé (e.g., de meilleures performances d'apprentissage). Pour être certain que cette relation causale est univoque, il faut organiser des «interventions» sur le terrain, en contrôlant au mieux les autres facteurs susceptibles d'influencer les performances observées. Cela implique de procéder à des comparaisons avec un «groupe témoin» n'ayant pas été soumis à l'intervention expérimentale évaluée. Par exemple, pour conclure à l'effet positif d'une nouvelle méthode de stimulation

du langage oral, il n'est pas suffisant de montrer que l'utilisation de cette méthode dans le groupe «expérimental» produit de meilleures performances. Il faut aussi montrer que dans le groupe «témoin» dans lequel cette méthode n'a pas été utilisée, *toutes choses étant égales par ailleurs* (niveau scolaire, catégorie socio-professionnelle, etc.), les progrès habituels des enfants sur cet apprentissage restent moins forts.

Les recherches interventionnelles conduites à travers le monde concernent aussi bien des contenus académiques (lectures, mathématiques, etc.) que des compétences transversales: en autres, l'inhibition, l'attention, la mémoire de travail, ou les compétences émotionnelles.

II - LES APPRENTISSAGES

Nous sommes capables de modifier notre façon de réagir à des situations ou à des demandes particulières de notre environnement. Par exemple, acheter et valider des tickets de différents transports, selon les pays, n'est pas si facile: nous y arrivons assez rapidement en lisant les instructions, observant et imitant d'autres utilisateurs et en répétant plusieurs fois l'opération. En d'autres termes, nous apprenons ainsi, sous l'effet des interactions avec les spécificités de notre environnement, nous seulement des «savoir-faire» mais aussi des «savoirs» (par exemple, le prix du ticket) et des «savoir-être» (par exemple, attendre son tour, respecter des règles).

Pour vivre, nous avons un besoin d'apprendre en permanence depuis les premiers jours de la vie. Il s'agit un fait d'un instinct, propre à tous les êtres vivants, nécessaire pour s'adapter tous les jours à notre environnement en perpétuelle évolution.

Nos apprentissages, ces changements au niveau comportemental, peuvent se retrouver au niveau cérébral et en particulier au niveau de la communication entre nos neurones. En effet, des modifications neuronales fonctionnelles (synapses renforcées) ou anatomiques (nouvelles connexions synaptiques) peuvent être observées par les techniques modernes d'imageries cérébrales (par exemple, l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle; fMRI). En d'autres termes, nos comportements répétés, nos actions, sculptent en permanence notre cerveau. Il peut donc exister donc une signature cérébrale de tout nouvel apprentissage. Un bon exemple est celui de l'apprentissage de la lecture. Adultes nous ne pouvons pas nous empêcher de lire ces mots. Cette capacité a nécessité des heures et des heures d'entraînements. Au niveau cérébrale, nous avons même progressivement recyclé une petite zone dans l'hémisphère gauche (autrefois dédiée à traiter les visages ou les objets; l'aire de la boîte à lettre) qui est active quand nous lisons. En conséquence, chez les adultes illettrés ou les jeunes enfants, cette zone cérébrale n'existe pas encore.

Pour acquérir des savoirs, des savoir-faire, des savoir-être, les adultes et les jeunes enfants aussi disposent de plusieurs formes d'apprentissage qu'ils utilisent pendant leurs journées.

Nous pensons à tort qu'il existe principalement qu'une forme d'apprentissage par instruction et médiation, représentée schématiquement par un adulte qui sait (le parent, l'éducateur, l'enseignant, l'animateur, etc.) et qui doit transmettre de nouveaux savoirs à son enfant ou des enfants (instruction) en essayant de l'aider ou de le guider à les acquérir et se les approprier. En général, il s'agit d'acquisitions de divers savoirs (savoirs,

savoir-faire, savoir-être) dans des situations spécifiques conçues à des fins d'apprentissage à partir du plus jeune âge. Cet apprentissage par instruction et médiation est très long et spécifique à notre espèce; 13 ans d'école au minimum pour tous les enfants et en moyenne 20 ans pour leur majorité. Il est évident qu'avec cette forme d'apprentissage explicite, l'adulte (enseignant/pédagogue/animateur/parents) a un rôle primordial et que le langage (oral et écrit) joue un rôle essentiel.

Cette représentation fondée sur le rôle prépondérant de cette forme d'apprentissage par instruction et médiation est fautive car trop partielle. En effet, il existe trois autres formes d'apprentissage qui n'impliquent pas forcément le langage qui sont disponibles tout au long de la vie et présents dès les premiers jours de la vie.

- **Les apprentissages par «habitation»:** dès que quelque chose de nouveau apparaît dans notre environnement (un bruit, une odeur, un visage, un lieu, etc.), cela attire notre attention et nous met en éveil. Si cette stimulation est renouvelée plusieurs fois, cela attire de moins en moins notre attention et nous continuons à faire ce que nous étions en train de faire; on dit que nous nous «habitons». Cette forme d'apprentissage est très utile dans notre vie quotidienne car elle nous permet de ne pas réagir à certaine stimulation et ainsi de continuer à nous concentrer sur nos tâches. Par exemple, quand nous arrivons à une première rencontre de parents, ou lorsque nous enfants rejoignent leurs classes ou un nouveau groupe dans un centre de vacances, chacun observe attentivement tout ce qui lui est de nouveau, la salle et ses décorations, son mobilier, les caractéristiques de la personne qui nous accueille, ses voisins... en d'autres termes, toute notre attention est concentrée

sur ce nouvel environnement et nous avons des difficultés à nous concentrer sur les informations données. Nous avons besoin d'entendre plusieurs fois les informations et consignes pour les assimiler. Nous avons besoin que nos sens « s'habituent » à ce nouvel environnement afin que notre attention soit de nouveau disponible aux dires de l'adultes. Il est remarquable que cet apprentissage par habituation fonctionne avec nos sens (par exemple, on s'habitue rapidement à une odeur dans une pièce et il suffit d'en sortir et d'entrer de nouveau pour s'en apercevoir). Il n'est pas propre à l'espèce mais il est disponible aussi chez les animaux. C'est une forme d'apprentissage qui existe dès la naissance.

- 100 - **Les apprentissages par « association »**: une seconde forme d'apprentissage par « association » s'appuie sur un second principe simple et universel qui est notre capacité à associer deux stimuli ou événements indépendants qui se répètent souvent de façon concomitante. Cette capacité est présente dès la naissance et utilise tout au long de notre vie. Par exemple, pour lire des mots nouveaux, nous devons apprendre à associer un stimulus visuel (une lettre ou un graphème) à son stimulus auditif correspondant (le son ou le phonème). Cette association nécessaire pour l'apprentissage de la lecture dans notre langue est arbitraire et elle a souvent besoin de nombreuses répétitions (essais et erreurs) pour être acquise par le jeune enfant et utilisée automatiquement, sans effort, après quelques années. Cet apprentissage par « association » est aussi appelée « le conditionnement ». Ce phénomène est présent dans tous les instants de la vie quotidienne: par exemple, faire un sourire à votre bébé à chaque fois qu'il en fait un, ou plus généralement à chaque fois qu'il vous fait quelque

chose d'agréable, venir le voir à chaque fois qu'il crie ou encore donner des récompenses à chaque fois que votre enfant a une bonne note. Ces associations de comportements sont des conditionnements. Les conditionnements sont présents dans la vie quotidienne et il en existe deux types: « passif » ou « actif ». Par exemple, dans un conditionnement passif, à chaque fois que le bébé fait un geste (par exemple tourne la tête vers une image précise), on lui donne une stimulation agréable comme récompense (par exemple sa mère lui fait « coucou »). Cette situation apparemment simple exige en fait que le bébé établisse un rapport temporel entre les divers événements qui se succèdent: rotation de la tête, possibilité de voir l'image un moment, coucou. Si à un moment quelconque, son attention se relâche, tout le cycle est interrompu. Dans le conditionnement actif, l'enfant apprend à produire la bonne action. Il analyse la situation et, après essais et erreurs, il s'aperçoit que s'il appuie sur le bon bouton, il va obtenir une récompense. L'activité cognitive est le préalable au conditionnement. Dans ce cas, le conditionnement est le témoin d'une capacité à saisir les relations de causalité.

- **Les apprentissages par « imitation »**: une troisième forme d'apprentissage par « imitation » s'appuie sur un troisième principe simple et universel qui est notre capacité percevoir un stimulus modèle comme par exemple, un geste ou un son et à le reproduire. Cette capacité n'est pas triviale car elle requiert un processus d'appariements entre le modèle, codé dans un format sensoriel visuel ou auditif et les actions propres (codage proprioceptif et moteur). Cette capacité d'apprentissage est utile dans la vie de tous les jours; elle permet aux enfants de voir leur maîtresse tracer une lettre au

tableau et d'imiter le même geste sur leur cahier, elle permet de voir son moniteur de tennis frapper une balle avec sa raquette et d'essayer de reproduire le même geste, elle permet à l'apprenti de voir son maître d'atelier sculpter une pièce de bois et de faire la même technique... les exemples quotidiens sont légions dans tous les secteurs. Ces imitations sont essentielles pour apprendre des savoir-faire, pour transmettre des gestes techniques. Les chercheurs montrent que cette capacité est présente dès la naissance dans des conditions précises.

En conclusion, nous jeunes enfants ont à leur disposition 4 formes d'apprentissages pour acquérir des savoirs, des savoir-faire, des savoir-être. Ils peuvent apprendre en intégrant les instructions d'un adulte, en s'habituant à un nouvel environnement, en associant des stimuli et en imitant des comportements issus de leur environnement. Les degrés d'utilisation respective de ces 4 formes par les adultes forment leurs styles pédagogiques ou éducatifs.

III - ELABORATION DE PROGRAMMES D'INTERVENTION DESTINÉS À FAVORISER DES APPRENTISSAGES

Exemple 1 : La préparation à la lecture chez les enfants de 5–6 ans : effets des entraînements multisensoriels

Le principe alphabétique (comme celui que l'on utilise en anglais ou en français) consiste à représenter les sons des mots parlés en utilisant des symboles que sont les lettres. Pour apprendre à lire, l'enfant doit découvrir ce principe. Ce dernier lui permettra d'utiliser une procédure de lecture phonologique qui consiste à traduire

une séquence de lettres d'un mot en une séquence de sons correspondants. Cette procédure de décodage est essentiellement mise en œuvre à l'école primaire et permet aux enfants de lire tous les « mots réguliers » (i.e. ceux dont les correspondances graphèmes-phonèmes sont régulières et totales), connus ou inconnus et à long terme, permet le développement de procédures de vitesse de lecture, précises et automatiques. Les ressources cognitives peuvent donc être libérées et réattribuées à la compréhension de textes écrits, un point-clé de l'acquisition de la lecture. L'enfant doit être guidé et assisté par un lecteur expert dans la découverte du principe alphabétique.

De nombreuses études ont examiné les facteurs prédisant le succès de l'acquisition de la lecture avant le début de son acquisition formelle. Ainsi, les capacités métaphonémiques (i.e., la capacité de manipuler consciemment les phonèmes dans les mots parlés), et la connaissance des lettres sont les meilleurs prédicteurs de la réussite en lecture. Ces deux capacités permettent que s'établissent des associations entre ces deux types de représentation (associations lettres-sons) nécessaires pour décoder des mots écrits. Les quelques recherches qui se consacrent à la manière dont ces associations se construisent tendent à la considérer comme un processus associatif « implicite » déclenché par l'apprentissage des correspondances lettres/sons. Les programmes d'entraînements ou interventions dans l'apprentissage de la lecture adhèrent à cette conception. Quelques études montrent que lorsque celles-ci sont développées dans le même entraînement, les progrès en lecture sont plus évidents. Néanmoins, bien que ce type d'entraînement ait un effet réel et positif, son acquisition reste en général lente et difficile et plusieurs

mois d'enseignement formel sont nécessaires avant que les jeunes enfants comprennent la logique du principe alphabétique et l'utilise. Pour tenter de surmonter cette difficulté, nous avons développé dans les interventions une approche multisensorielle.

102 - **Premiers travaux sur les apprentissages multisensoriels.** Les études sur les troubles d'apprentissage suggèrent que l'une des difficultés impliquée dans l'apprentissage de la lecture est liée en partie à la tâche d'établir des liens entre la représentation orthographique d'un mot et la représentation phonologique correspondante. Pour surmonter cette difficulté, les méthodes multisensorielles d'apprentissage dépendent non seulement des modalités visuelles et auditives, comme c'est traditionnellement le cas, mais aussi de l'utilisation de la modalité haptique manuelle. Y incorporer la modalité haptique pourrait faciliter les liens difficiles à établir entre les représentations orthographiques et phonologiques des mots. L'approche multisensorielle est en lien avec certaines activités pédagogiques développées par Itard en 1880 et avec succès par Montessori ensuite en 1915. Alors que cette approche a été utilisée dans la remédiation des difficultés de lecture, elle n'avait jamais été évaluée avec une méthode expérimentale chez les jeunes enfants typiques or ordinaires.

- **Preuves contemporaines de l'efficacité d'un apprentissage multisensoriel.** Plusieurs études récentes révèlent les effets positifs de l'exploration visuo-haptique de lettres en relief dans l'apprentissage de la lecture, c'est-à-dire apprendre à associer de manière arbitraire des entités visuelles et auditives. Dans une première étude, nous avons examiné l'effet de deux

entraînements conçus pour développer la conscience phonémique, connaissance de lettres et correspondances lettres/sons, chez des enfants de 5 ans en classes de maternelle. Ces deux entraînements diffèrent seulement par les modalités sensorielles utilisées pour identifier la lettre. L'entraînement multisensoriel implique les modalités haptique, visuelle et auditive, tandis que l'entraînement témoin utilise seulement les modalités visuelles et auditive. Plus précisément, l'entraînement multisensoriel de l'identité de la lettre est basé sur une exploration visuo-haptique dans laquelle la forme des lettres est explorée avec la main entière et puis tracée volontairement avec l'index. Cependant, l'entraînement témoin est limité à l'examen visuel des lettres. Ces entraînements spécifiques sont administrés à chacun des deux groupes par le même expérimentateur. Chacun consiste en sept sessions, conduite de la même manière, c'est-à-dire, que les mêmes exercices sont réalisés dans le même ordre avec une session finale de révision en plus. Un son différent et la lettre correspondante sont appris à chaque session. À la fin des sessions d'intervention, les enfants sont familiarisés avec les sons/lettres -a-, -i-, -r-, -l-, -t-, -p-, et -b-. Une session individuelle, durant approximativement 30 minutes, est conduite chaque semaine. Par conséquent, chaque entraînement prend huit semaines, comprenant sept sessions d'apprentissage et une de révision. Ces entraînements utilisent les mêmes exercices métaphonologiques incluant des activités de « comptines », des « posters » et des « jeux de cartes ». La différence réside dans les modalités sensorielles mobilisées pour l'exploration des lettres. Ainsi, l'entraînement « multisensoriel-Métaphonologie-Haptique-Visuel-Auditif » sollicite les modalités Haptique, Visuelle et Auditive tandis que

l'entraînement « Témoin-MVA » mobilise seulement les modalités Visuelle et Auditive.

Chaque enfant est évalué individuellement deux semaines avant et après les interventions. La compréhension et l'utilisation du principe alphabétique sont mesurées en utilisant un test de décodage de pseudo-mots et un test requérant la reconnaissance des lettres de l'alphabet. Dans le test de décodage de pseudo-mots, l'expérimentateur dit aux enfants que les mots sont inventés et ne signifient rien dans leur langue. Les pseudo-mots sont composés de lettres étudiées pendant les sessions d'entraînement (par ex., « ila », « tiba »). Dans le test de reconnaissance de lettre, l'expérimentateur dit le nom d'une lettre et l'enfant doit indiquer la lettre qu'il vient d'entendre sur une carte à choix multiple comprenant six lettres. Les capacités métaphonologiques des enfants sont mesurées en utilisant des tests d'identification de deux phonèmes en position au début ou en fin de mots. Dans ces deux tests, on présente des images correspondant à des mots familiers, facilement déchiffrables et l'on demande aux enfants de regarder les sept phonèmes qu'on leur a enseignés.

Les résultats montrent que les entraînements améliorent la reconnaissance des lettres-cible et les capacités métaphonologiques de la même manière. Cependant, le nombre de pseudo-mots décodés est plus grand après l'entraînement multisensoriel qu'après l'entraînement témoin. Ainsi, ajouter une exploration haptique dans les exercices impliquant des correspondances de lettres et de lettres/sons, combinés avec des exercices impliquant la conscience phonémique, augmente les effets positifs de ce type d'entraînement. Les bénéfices de cet entraînement s'étendent jusqu'à la compréhension et l'utilisation du principe alphabétique et donc de leurs

capacités de décodage. Ces résultats ont été reproduits dans plusieurs autres recherches et notamment auprès d'enfants de 5-6 ans issus de familles défavorisées au niveau socio-économique.

En conclusion, tous les résultats confirment la valeur de l'introduction de la modalité haptique manuelle et de l'exploration multisensorielle dans un apprentissage qui combine le travail sur la connaissance des lettres et sur les associations lettre-son et des entraînements permettant le développement de la conscience phonémique. La conséquence la plus importante de ce type d'entraînement est son effet positif sur la compréhension et l'utilisation du principe alphabétique et donc sur les capacités de décodage de pseudo-mots chez les enfants.

Exemple 2 : Les compétences émotionnelles : effets des entraînements à l'identification et la compréhension des émotions chez les enfants de 6-12 ans

Les compétences émotionnelles peuvent se définir par la façon dont chaque individu a la capacité d'identifier, comprendre, exprimer, utiliser et réguler ses émotions, à la fois sur soi-même et sur autrui. Ces dernières sont étudiées parce qu'il existe des relations (sans savoir qui est la cause ou l'effet) entre ces compétences et d'autres compétences, comme les performances professionnelles ou les relations sociales. Ainsi, la vie personnelle et professionnelle est plus facile pour une personne ayant de bonnes compétences émotionnelles. Les chercheurs ont également développé des mesures de ces compétences: ils font passer des épreuves, calculent des scores individuels permettant de se situer par rapport aux autres. Par exemple, ils regardent si les

personnes sont capables d'identifier des émotions, et établissent des scores de réussite pour les différentes dimensions des compétences émotionnelles, jusqu'à la régulation des émotions, soit la façon de gérer le stress. Ces dimensions sont étudiées pour soi-même et pour autrui. Savoir ce que l'on ressent et ce que l'autre ressent peut être différent, est un défi chez les jeunes enfants. En effet, il existe une pensée dite égocentrique chez les jeunes enfants, qui ont l'impression que tous les autres ressentent ou pensent la même chose qu'eux. Par exemple, les enfants se cachent les yeux quand ils jouent à cache-cache, pensant que personne ne les voit, vu qu'eux ne voient rien.

104 Trois niveaux sont différenciés dans le modèle des compétences émotionnelles: existent en premier lieu les connaissances que nous avons sur les compétences émotionnelles – c'est ce que je suis en train de faire: je peux lire des cours, faire des expériences, avoir un très bon niveau de connaissances, mais en revanche être incapable de les appliquer. Ainsi, des chercheurs sur les émotions peuvent être complètement asociaux: ils détiennent d'immenses connaissances sur les émotions, mais sont incapables de les appliquer dans leur milieu du travail. Il convient donc de bien différencier le niveau de connaissances – ce que je sais sur, la capacité de les appliquer au quotidien – les relations professionnelles de travail –, et les dispositions de chacun – les personnes ont plus ou moins de facilités à gérer et à utiliser leurs compétences émotionnelles. Il est possible de travailler et de s'entraîner sur les deux premiers niveaux, ce qui permettrait ainsi de moduler les effets de ses dispositions.

Pourquoi et comment travailler les compétences émotionnelles chez les enfants? Une première recherche

mesurait les compétences émotionnelles, les comportements sociaux dans la vie quotidienne et les performances scolaires chez des enfants de 5 ans et de 9 ans, et pour la première fois sont apparue une corrélation très forte entre ces trois éléments. Cela signifie donc que ces compétences sont liées à 5 ans et à 9 ans: les enfants qui réussissent bien à l'école sont ceux qui sont capables d'identifier et de comprendre les émotions, ceux qui ont le plus de comportements pro-sociaux. Il s'agit donc de corrélations, sans que l'on sache qui est la cause de quoi. Ensuite, sept études scientifiques ont étudié comment entraîner les compétences émotionnelles à l'école auprès d'enfants typiques, c'est-à-dire tout-venant. Les résultats montrent qu'il est possible d'améliorer les compétences émotionnelles, des enfants âgés de 3 à 12 ans. En 2015, nous avons évalué les effets d'un entraînement des compétences émotionnelles à l'école auprès de plus de 200 enfants. Nous avons proposé des ateliers «émotions et apprentissage» dans des écoles classiques – les émotions doivent être connectées à l'apprentissage scolaire pour que la démarche soit acceptable –, et nous avons fabriqué avec les enseignants des séances centrées sur l'identification, l'expression et la compréhension des émotions, après un travail d'apports théoriques, afin que les séances soient adaptées aux divers niveaux scolaires et aux types d'élèves. Nous avons adopté une démarche expérimentale: nous avons organisé six à huit séances, une centaine d'enfants ont testé l'atelier émotionnel, et une centaine d'autres enfants travaillaient des matières scolaires (mathématiques, français). Nous avons également travaillé sur le vocabulaire émotionnel, ainsi que sur les causes, les conséquences et l'expression des émotions, et nous avons mesuré les compétences

avant et après – nous avons rencontré chaque enfant en début d'année afin de mesurer où ils en étaient en termes de capacités d'identification des émotions et de vocabulaire, ils ont suivi le programme (expérimental ou témoin), puis ils ont à nouveau été testés en fin d'année pour mesurer l'évolution. Nous avons mis au point des épreuves d'évaluation, téléchargeables sur le site de notre laboratoire. À titre d'exemple de tâche, quand on dit « tristesse », l'enfant doit aller pointer le visage correspondant ; ou encore, on lit un petit scénario : un Monsieur sort et voit des enfants qui lancent des cailloux sur son auto ; comment se sent l'enfant ? Nous avons observé des progrès dans les performances entre le début et la fin de l'année pour le groupe entraîné. De plus, le progrès est d'autant plus fort si les enfants sont jeunes – ainsi, 32 % de progrès ont été enregistrés chez les enfants âgés de 6 ans, alors que la progression est moins forte chez ceux âgés de 12 ans. Aucun progrès dans les performances n'est observé pour le groupe témoin. Actuellement, nous avons commencé à développer des entraînements destinés aux jeunes enfants dans des crèches de l'Université à Genève. Par ailleurs, nous sommes en train d'appliquer la démarche auprès d'adolescents dans des collèges en y associant les enseignants et les parents.

IV-CONCLUSIONS

Les recherches issues des sciences cognitives interventionnelles montrent qu'il est possible de favoriser les apprentissages des jeunes enfants dans des conditions très précises. Il est donc très utile de développer ce type de recherches, même si elles paraissent aux yeux de certains chercheurs comme moins légitimes que les

recherches fondamentales et si elles sont plus difficiles et plus longues à conduire et à publier.

Par ailleurs, ces recherches interventionnelles peuvent être utilisées comme des leviers de formation professionnelle si ces dernières sont co-construites par les professionnels et des chercheurs de programmes interventionnels, et sont évaluées avec une méthode expérimentale. En effet, cette co-construction permettrait de créer un cercle vertueux entre, d'une part, les enseignants qui élaborent et évaluent un grand nombre de techniques pédagogiques (majoritairement issues de la pratique) et, d'autre part, les chercheurs qui cherchent à comprendre des techniques et stratégies d'apprentissage. ●

105

V- CONSEILS DE LECTURE

Pour une synthèse courte des dernières recherches sur le développement affectif, social et neurocognitif des enfants :

Gentaz, E. , Denervaud, S. & Vannetzel, L. (2016). *La vie secrète des enfants*. Paris: Odile Jacob.

Pour connaitre des exemples de recherches interventionnelles en éducation :

Dessus, P. & Gentaz, E. (Eds) (2006). *Apprentissages et enseignement. Sciences cognitives et Education*. Paris: Dunod.

Gentaz, É, & Dessus, P. (Eds.). (2004). *Comprendre les apprentissages. Sciences cognitives et éducation*. Paris: Dunod.

Numéros spéciaux (N°123 et 139) d'ANAE en 2013 et en 2015

Pour connaître les dernières recherches sur l'apprentissage de la lecture

Bara, F., Gentaz, E. & Colé, P. (2004b). Les effets des entraînements phonologiques et multisensoriels destinés à favoriser l'apprentissage de la lecture chez les jeunes enfants. *Enfance*, 4, 387-403.

Deheane, S., Dehaene-Lambertz, G., Gentaz, E., Huron, C. & Sprenger-Charolles, L. (2011). *Apprendre à lire. Des sciences cognitives à la salle de classe*. Paris: Odile Jacob.

Gentaz, E. & Sprenger-Charolles, L. (2014). Bien décoder pour bien comprendre. *Les Cahiers Pédagogiques*, 516, 21-23. <http://www.cahiers-pedagogiques.com/>
Bien-decoder-pour-bien-comprendre-version-integrale

Pour connaître les dernières recherches sur le toucher et les approches multisensorielles :

Gentaz (2009). *La main, le cerveau et le toucher*. Paris: Dunod

Pour connaître les dernières recherches sur les émotions et l'entraînement des compétences émotionnelles :

Sander, D. (2016). *Le monde des émotions*. Paris: Belin

Theurel, A., & Gentaz, E. (2016). Entraîner les compétences émotionnelles à l'école. *ANAE*, 139, 545-555.

Un reportage sur l'entraînement des compétences émotionnelles en crèche :

<https://www.youtube.com/watch?v=r9nJJBsYt8w&feature=youtu.be>

Pour connaître l'histoire des sciences cognitives :

Gardner, H. (1993). *Histoire de la révolution cognitive, la nouvelle science de l'esprit*. Paris: Payot.

Pour obtenir la version papier de nos livres-outils :

Centre des photocopies
40 bd du Pont-d'Arve, UNIMAIL
Université de Genève
CH-1205 Genève
Contact: polycopie@unige.ch

POUR LES PARENTS

Quelles sont les compétences des bébés à la naissance ? (2017) sous la direction du Pr. Gentaz et Karine Mazens. Accessible sur le site web du babylab ou en format papier (prix: 8 CHF)

200 activités pour aider un enfant à apprendre à lire (quand on est parent) (2017) sous la direction du Pr. Gentaz. Format papier uniquement papier (prix: 27 CHF)

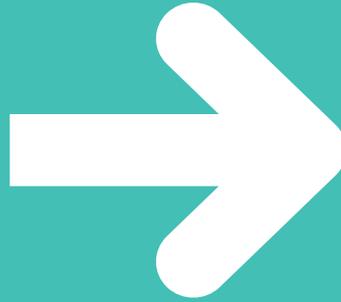
POUR LES PROFESSIONNELS

Livret évaluer la lecture (2017) - Gentaz, Theurel & Sprenger-Charolles (prix: 12.5 CHF)

Deux épreuves d'évaluation des compétences d'identification des émotions chez l'enfant (2017)- Theurel & Gentaz. Disponible en format papier (prix: 21 CHF)

Sandra Capeder

cheffe du Service de la petite
enfance, Ville de Genève



Synthèse, conclusion et perspectives

Mesdames, Messieurs,

Chaque année je me demande pourquoi je me retrouve dans cette situation extrêmement périlleuse de tenter de faire un bilan de colloque, démarche à mon sens assez impossible, avec en plus le fait de savoir que Nathanaël Rochat va passer après moi, ce qui rend ma démarche d'autant plus risquée.

J'espère en tout cas que vous aurez eu autant d'intérêt que moi à participer à ces deux journées de colloque. Notre objectif, chaque année, est de vous offrir des espaces de réflexion et de remise en question de nos pratiques éducatives et des dispositifs que nous mettons en place au quotidien dans les structures d'accueil de la petite enfance, avec les apports souvent novateurs de la recherche sur la compréhension du jeune enfant et de son développement. Nous restons convaincus que chercheurs et praticiens doivent garder des liens réguliers afin d'avancer ensemble sur un ajustement

constant des dispositifs, et d'échanger sur les questions qui se posent à nous chaque jour, dans le quotidien de la prise en charge.

Cette année il s'agissait d'appréhender les neurosciences et leur lien avec l'éducation.

Thomas Wiesel et Nathanaël Rochat nous ont dit chacun à leur tour que si vous avez passé les deux jours à écouter les conférences, en gros cela ne va rien changer dans votre quotidien. Nous allons espérer que non.

Redire peut-être, comme l'ont dit plusieurs conférenciers, que le cerveau évolue dans un contexte social et culturel, que son développement est dynamique et qu'il a une forte plasticité. Pour nous rappeler que toutes les actions que le jeune enfant va avoir dans son quotidien, et notamment dans les structures d'accueil de la petite enfance, vont avoir potentiellement une influence sur son développement. Il s'agit là vraisemblablement de quelque chose à laquelle nous adhérons tous, mais

sans être toujours reliés au quotidien à ce paradigme important.

Une fois de plus, il nous est rappelé que le travail des professionnel-le-s de la petite enfance est d'une haute importance dans le développement du jeune enfant.

L'enfant acteur de son développement, je pense que nous nous y efforçons tous depuis de nombreuses années, mais comme le disait hier Monsieur Ansermet, que chacun puisse devenir acteur et auteur de son devenir devrait être une attention constante dans nos démarches quotidiennes.

Questionner les pratiques éducatives, l'organisation des activités, des journées, afin d'identifier si elles sont réellement conçues en fonction des besoins des enfants ou de la représentation que nous nous sommes faite.

110

Il s'agit peut-être de requestionner certaines approches qui ont trop sacralisé, notamment le coin d'activités ou l'organisation très structurée au quotidien des prises en charge, et qu'il conviendrait de repenser en fonction des besoins de l'enfant tel que cela nous a été fortement suggéré ces deux derniers jours.

J'ai été pour ma part très séduite par la description de l'itinérance ludique que nous ont faite Josette Serres et Laurence Rameau, qui nous proposent de redéfinir le contexte de prise en charge et les rôles de l'enfant et de l'adulte.

Comme le disait aussi Monsieur Ansermet hier, l'enjeu de l'éducation c'est miser sur la potentialité du changement. L'éducation doit vraisemblablement rester dans un mouvement, une dynamique de réflexion constante et d'ajustement.

Aujourd'hui les familles sont très diverses, les enfants nous questionnent sans arrêt, et les apports de ces deux derniers jours nous ont tous fait réfléchir à la manière de faire évoluer nos dispositifs et nos actions éducatives. Nous aider aussi à dépasser l'idéologie du déterminisme biologique, oui Madame Vidal, c'est malheureusement encore le cas aujourd'hui, et c'est fort dommage. Tenir compte des émotions pour nous ajuster une fois encore au besoin des enfants, et comme le disait tout à l'heure Édouard Gentaz, être attentifs au fait que nous sommes là depuis tout-petit, et aujourd'hui toujours, et encore pour apprendre, et que notre rôle est vraisemblablement d'accompagner les enfants à différentes formes d'apprentissages, mais avec un rôle actif.

Vous avez certainement pu voir aussi que nos conférenciers n'étaient pas toujours tous en accord, c'était aussi l'enjeu de la démarche de ces deux derniers jours, inviter des personnes, qui des fois, n'ont pas tout-à-fait la même vision sur un certain nombre de thématiques. À nous maintenant de nous approprier ces contenus et de les confronter à nos pratiques et à nos réflexions d'équipe.

Pour terminer, redire que nous sommes tous conscients qu'il s'agit d'un métier complexe, puisque confronté à une grande diversité d'individus. Si on a tous des besoins différents, on a certainement besoin d'une diversité d'approches, et c'est là la difficulté, nous démultiplier dans nos approches éducatives pour répondre à l'ensemble des ces besoins.

J'ai été pour ma part extrêmement attentive à la notion de ce mouvement dont les enfants ont constamment

besoin. Je remercie les intervenants qui nous ont rappelé que nous asseyons trop souvent les enfants sur des chaises, ce n'est malheureusement pas seulement le cas en crèche mais c'est aujourd'hui encore beaucoup trop le cas à l'école, et nous entravons certainement les enfants dans les différentes stratégies qu'ils doivent mobiliser pour être le mieux possible en apprentissage.

Il nous faut tenter de maintenir au mieux la qualité de prise en charge qui est élevée encore aujourd'hui, en Suisse et à Genève, malgré un contexte de restriction budgétaire, qui tend malheureusement à se durcir. Continuer à dire l'importance du dispositif éducatif dans une société qui va avoir de plus en plus de défis à relever. Rappeler la nécessité des moyens, notamment dans l'organisation d'un colloque comme celui-ci qui malheureusement, n'aura pas lieu l'année prochaine en lien avec les restrictions budgétaires.

J'espère vivement pouvoir vous inviter en 2018 à nouveau pour un tel moment. Il me semble indispensable pour maintenir cette pratique réflexive et cette attention sur la qualité de nos prestations et de nos actions.

Des remerciements à la Fédération Genevoise des Institutions de la Petite Enfance, qui collabore activement à l'organisation de ce colloque, notamment à Madame Claudia Battolo qui a assuré avec un grand professionnalisme le secrétariat et la gestion des inscriptions. Un très grand merci à Ghislaine Bourriez qui a été très présente dans l'organisation de ces deux jours et dans le suivi de la mise en place, avec plusieurs collaborateurs-trice-s du Service de la petite enfance que je remercie encore vivement. Nos remerciements aussi à

Marina Albertini qui a assuré encore une fois la décoration, au Centre International de Conférences de Genève qui nous a accueillis, aux techniciens et techniciennes. Mes remerciements à Julie Schnydrig, Isabelle Kovacs, Suzanne Stofer et Aline Sommer avec qui nous avons concocté ce programme, difficilement puisqu'il s'agissait d'un sujet complexe avec une grande diversité de conférenciers.

Mes remerciements vont à Thomas Wiesel et Nathanaël Rochat, pour nous avoir animé avec brio et leur humour décapant ces deux jours, à Miruna Coca-Cozma, qui nous accompagne depuis de nombreuses années dans la présentation de nos colloques, et pour terminer mes remerciements les plus sincères à Alisa Monney, qui assure avec un grand professionnalisme et depuis plusieurs années une organisation hors pair, cela nous est rappelé chaque année par les conférenciers. Je vous remercie de vous joindre à moi pour la saluer et l'applaudir chaleureusement.

J'espère vous retrouver en 2018 pour un prochain colloque!●

IMPRESSUM

Graphisme
Giganto.ch

Impression
Ville de Genève
Imprimé sur papier certifié FSC®

Ville de Genève
Service de la petite enfance

Avenue Dumas 24
Case postale 394 | CH-1211 Genève 12

T 022 418 81 00
F 022 418 81 01