

La plasticité cognitive au cours du développement de l'enfant.¹

Cognitive plasticity : Increasing or decreasing over the course of development.²

Pierre MOUNOUD

Université de Genève

Août 1999

Je vais tenter de montrer la difficulté de cerner le concept de plasticité, en particulier lorsqu'il est envisagé dans une perspective développementale. Je commencerai par opposer de façon un peu caricaturale les théories "neuronales" aux théories "psychologiques" du développement du point de vue de ce concept de plasticité (pour une présentation détaillée, cf. Mounoud 1990).

- Les théories "neuronales" développées en particulier par Jean-Pierre Changeux (1983) et Gérard Edelman (1987) sous l'appellation de darwinisme neuronal dans les années 80 ont considéré le développement du système nerveux principalement sous l'angle de phénomènes d'appauvrissement décrits en termes de sélection neuronale (sélection de groupes neuronaux et stabilité sélective), la spécification des connexions résultant de phénomènes tels que la mort neuronale, l'élagage des ramifications dendritiques ("*pruning*"), etc. Dans une telle perspective le système nerveux est considéré comme adapté de façon de plus en plus spécifique à divers environnements, la plasticité au sens de polyvalence décroît, l'organisme est par conséquent de moins en moins adaptable. Cette perspective devrait être nuancée par des données plus récentes, ainsi que par d'autres approches comme celle de Thatcher (1994) qui a étudié l'évolution des connexions inter et intra-hémisphériques.

- De façon contrastée un grand nombre de théories "psychologiques" ont donné du développement une image diamétralement opposée et celle de Piaget constitue un bon exemple. Ces théories mettent principalement l'accent sur des phénomènes d'enrichissement définis avant tout par des capacités croissantes de mise en relation, d'intégration ou de coordination d'informations situées à des distances croissantes aussi bien temporelles que spatiales. Ces mises en relation peuvent porter sur des localisations (comme dans les problèmes de permanence de l'objet) ou sur des propriétés (dimensions ou traits qui interviennent dans la définition d'objets), sur des actions. Dans cette perspective, les conduites du sujet au cours de son développement sont de plus en plus adaptables, la plasticité au sens de flexibilité de ses conduites est croissante, les connaissances de moins en moins liées à des contextes spécifiques (décontextualisées).

Ces capacités croissantes de mise en relation d'information ont été attribuées principalement à l'action du cortex préfrontal dorsolatéral (Fuster (1997, 3^e éd.), Goldman-Rakic (1987), Diamond (1988), etc.) et différentes étapes de maturation ont été mises en évidence (12 mois, 24 mois, 48 mois, 6 ans, 8 ans, 10 ans, au cours de l'adolescence) qui caractérisent toutes une plasticité croissante dans le sens de la flexibilité.

Toutefois, et toujours du point de vue du développement cognitif, un certain nombre de données expérimentales et d'observation mettent aussi en évidence des phénomènes d'appauvrissement liés à la spécialisation de certains comportements correspondant, apparemment tout au moins, à une perte de capacité d'adaptation, donc à une perte de plasticité (polyvalence).

Pour discuter de ce problème, je présenterai deux exemples prototypiques.

Ex. 1 - Un des exemples les plus fameux de perte de capacités discriminatives a été mis en évidence par Werker & Tees (1983) ; il est relatif à la perception des sons du langage. C'est l'exemple prototypique que j'ai utilisé à de nombreuses reprises (cf. en particulier Mounoud, 1988). Il s'agit de la perte de capacités discriminatives de certains contrastes phonologiques relatifs à des sons qui n'appartiennent pas à la langue maternelle du bébé, au cours de sa première année de vie. (Alors que les nouveau-nés sont capables de discriminer des contrastes phonologiques propres à diverses langues,

¹ Exposé présenté lors de la sixième réunion de la Société Genevoise des Neurosciences sur le thème "**Plasticité neuronale: des aspects cellulaires aux aspects cliniques**". Cartigny (Genève), 21 mai 1999.

² Paper presented in a Symposium on "**An interdisciplinary approach to the concept of development**" organized by O. Maratos and L.P. Lipsitt at the "IXth European Conference on Developmental Psychology" from the "European Society for Developmental Psychology", Island of Spetses, Greece. September 1-5, 1999.

plusieurs contrastes phonologiques n'appartenant pas à la langue maternelle ne sont plus discriminés par les bébés à l'âge d'une année).

Or, ce qui est intéressant du point de vue du thème de la plasticité est que ce phénomène, interprété tout d'abord comme une "perte" de capacité (donc de plasticité polyvalence), a été plus tard réinterprété, en particulier par Jusczyk (1985) et Köhl (1992) comme un **phénomène de nature attentionnelle** (cf. en particulier "*the native language magnet theory*" (NLM)) théorie développée par Patricia Köhl). Des recherches ont en effet montré que ces capacités discriminatives n'étaient pas définitivement ou littéralement perdues et que si les sujets (y compris des sujets adultes) sont soumis à des apprentissages qui nécessitent les discriminations "perdues", elles peuvent réapparaître. Ainsi, plutôt que de perdre une compétence, le bébé apprendrait au cours de sa première année à prêter sélectivement attention à certaines dimensions, certains traits spécifiques de la langue à laquelle il est exposé et en vient à ignorer ou négliger d'autres traits ou dimensions qui s'avèrent inutiles ou irrelevants pour l'apprentissage en cours.

Ex.2 - Un phénomène comparable existe relativement à la perception des visages. A ce propos nous avons tous expérimenté des difficultés à différencier des visages de personnes appartenant à une autre race. C'est ainsi que les visages asiatiques nous apparaissent tous très semblables par opposition aux personnes appartenant à la race caucasienne. Ce phénomène a été abondamment étudié par la psychologie expérimentale sous l'appellation de l'« effet de l'autre race » (« *the other race effect* ») (pour une revue de la littérature, cf. Shapiro & Penrod, 1986 ; Shepherd, 1981). Il constitue actuellement l'objet d'étude de Roberto Caldara (1999) pour son doctorat en psychologie (qui aborde ce thème dans la perspective interdisciplinaire des neurosciences avec les techniques de psychologie expérimentale, de neuro-imagerie, de neuropsychologie et de modélisation connexionniste). Selon Schonen (1999), cet effet est déjà présent chez les bébés de 10 mois, ce qui est intéressant pour notre parallèle avec la perception des sons du langage.

Comment met-on en évidence expérimentalement ce phénomène ? Si l'on fait apprendre à des adultes genevois à reconnaître des visages disons caucasiens et asiatiques, et que l'on mélange ensuite ces visages appris à d'autres visages inconnus, les temps de réponse seront plus longs pour reconnaître les visages asiatiques que les visages caucasiens et le nombre d'erreurs commises sera également plus élevés pour les visages asiatiques. Ce phénomène semble très proche de celui décrit précédemment relatif à la discrimination des sons du langage. On est à nouveau confronté à la spécification ou spécialisation d'un système perceptif qui a construit des représentations, qui a sélectionné et défini les dimensions de discrimination pertinentes pour l'identification des visages communément rencontrés. Ces représentations ou ces dimensions de description ne semblent pas adaptées à la reconnaissance des visages appartenant à d'autres races. En effet, Ellis et coll. (1975) ont montré que les traits pertinents pour caractériser les visages changent en fonction de la race à laquelle ils appartiennent. Comme pour les capacités de discrimination des sons du langage, les capacités de reconnaissance de visages d'autres races peuvent s'améliorer en cas d'entraînement. Les systèmes perceptifs ou cognitifs responsables du traitement des visages ne seraient "rigides" ou "appauvris" que temporairement, qu'aussi longtemps qu'ils ne sont pas confrontés à des situations qui nécessitent d'autres discriminations ou reconnaissances.

A ce propos je ne résiste pas à la tentation de vous lire un cours extrait du livre de James Lord intitulé « Un portrait de Giacometti ».

« (...) nous en vîmes à parler de géographie, de l'Europe, des six continents et finalement du Japon. Je fis la remarque que je n'avais jamais bien connu ni un Chinois ni un Japonais, alors que lui (Giacometti) avait été très ami pendant plusieurs années avec Isaku Yanaihara, le professeur japonais qui avait posé pendant cette période pour une quantité de peintures et de sculptures. Je lui demandai s'il avait jamais eu conscience d'une quelconque différence entre lui et Yanaihara, d'une quelconque disparité fondamentale d'attitudes ou de réactions instinctives, disparité qui aurait été due à la diversité de milieux, de nationalités, de races.

- Absolument aucune, dit-il. Il semblait être exactement comme moi. En fait, j'en suis venu à le considérer comme la norme à force de le voir si souvent. Nous étions toujours ensemble, à l'atelier, au café, au Dôme et à la Coupole, dans les boîtes de nuit. Nous étions tellement ensemble qu'un jour j'ai

eu une curieuse expérience à cause de ça. Yanaihara posait pour moi, et tout à coup Genet est entré dans l'atelier. J'ai trouvé qu'il avait l'air très étrange avec ce visage si rond, si rose et ces lèvres enflées. Mais je n'en ai rien dit. Alors Diego (le frère de Giacometti) est entré, et j'ai eu la même impression. Lui aussi, son visage avait l'air très rose et tout rond, et ses lèvres paraissaient enflées. Je ne comprenais pas pourquoi. Et puis, tout à coup, je me suis rendu compte que je voyais Diego et Genet tels qu'ils devaient apparaître à Yanaihara. Je m'étais concentré si longtemps et si intensément sur le visage de Yanaihara qu'il était devenu la norme, pour moi, et pendant un bref instant – c'est une impression qui a été très fugitive – j'ai vu des blancs de la façon dont les gens qui ne sont pas blancs doivent les voir. »

Voilà ! Ce passage constitue une belle démonstration de la plasticité que conserve les systèmes cognitifs. Ce que nous venons de voir à propos des capacités discriminatives des visages ou des sons du langage nous apprend que la spécialisation des systèmes cognitifs ou des structures nerveuses peut bien se traduire par une diminution de leur plasticité (polyvalence), de leur adaptabilité, que cette diminution de plasticité peut caractériser une adaptation temporaire à un environnement donné (une langue, les visages d'une race) et surtout que de nouvelles adaptations à de nouveaux environnements restent possibles. Les explications de ces phénomènes semblent devoir être cherchées dans les phénomènes attentionnels et correspondre à la mise en place de stratégies de sélection et de gestion de l'information.

A ce point il est intéressant de mentionner que le développement cognitif est de plus en plus envisagé ces dernières années en termes de mécanismes attentionnels, comme si l'essentiel des transformations caractérisant le développement consistaient avant tout à apprendre à quoi prêter attention et à quoi ne pas prêter attention (de Ribaupierre, 1994); Pascual-Leone, 1994; Houdé; 1995). Pour mieux comprendre les phénomènes de plasticité, il me semble utile d'examiner encore brièvement la façon dont évoluent au cours du développement les conduites dans les situations d'attention sélective, en particulier celles dans lesquelles le sujet doit se centrer (identifier ou localiser) sur un objet cible ou une dimension précise, parmi d'autres objets ou d'autres dimensions qu'il doit ignorer et qui constituent des distracteurs potentiels.

Or, le développement de l'attention sélective ne se caractérise ni par une simple augmentation ni par une simple diminution des capacités d'écarter les distracteurs (tout en les ayant analysés). Dans de nombreuses expériences réalisées avec différents matériels et relativement à plusieurs domaines, il a été mis en évidence des alternances entre des âges auxquels les enfants manifestent d'importants effets d'interférences exercés par des distracteurs et des âges auxquels ils ne manifestent que peu ou pas d'interférence.

J'illustrerai ce phénomène au moyen des résultats d'une recherche réalisée avec Olivier Koenig dans le cadre de sa thèse de doctorat au début des années 80 (Koenig, 1986, 1989). Le paradigme expérimental est assez fameux, il s'appelle l'effet Stroop et consiste à faire dénommer la couleur de l'encre de mots de couleur non congruents (avec la couleur de l'encre) comme par exemple dénommer la couleur rouge de l'encre au moyen de laquelle est écrit le mot noir ou dénommer la couleur verte de l'encre au moyen de laquelle est écrit le mot bleu. Il s'agit d'une situation appelée de réponses concurrentes dans laquelle la dénomination de la couleur de l'encre se trouve en concurrence avec la lecture du mot, les temps de réponse se trouvent fortement allongés par rapport à une tâche simple de dénomination de couleur.

L'expérience principale a été réalisée en présentation hémichampique de manière à étudier les rôles spécifiques de chaque hémisphère.

Je me contenterai ici de montrer très globalement la façon dont évolue l'interférence exercée par le mot sur la dénomination de la couleur entre les âges de 7 et 15 ans. Une des manières d'exprimer l'effet produit par le distracteur consiste par exemple à calculer le rapport entre le temps de réaction moyen pour dénommer la couleur de l'encre dans la condition d'interférence et le temps de réaction moyen dans la condition de dénomination de simples taches de couleur. Comme on le voit sur la figure l'interférence est la plus faible chez les enfants de 7 ans, ce qui est facilement compréhensible compte tenu de leurs capacités de lecture encore limitées. Par contre, l'interférence est maximale aux âges de 8 et 9 ans, puis diminue progressivement jusqu'à l'âge de 12 ans pour augmenter à nouveau à 13 et 14 ans et diminuer encore à 15 ans pour atteindre des valeurs comparables à celles de jeunes adultes.

Avec cet exemple je voudrais surtout attirer l'attention sur le fait que le développement ne peut pas être vu comme une simple transformation d'appauvrissement-sélection ou d'enrichissement-diversification : l'enfant n'est pas toujours mieux adapté à des environnements de plus en plus

spécifiques ou complexes avec des performances toujours meilleures ; il ne sélectionne pas de mieux en mieux les informations pertinentes. Mais il n'est pas non plus continuellement ouvert sur de nouvelles réalités (nouvelles langues, nouveaux visages, nouveaux espaces, etc.) pour établir continuellement de nouvelles mises en relations et diversifier ses habiletés.

La particularité de notre système nerveux relativement aux adaptations comportementales qu'il rend possible serait donc double. Il serait capable d'adaptations très spécifiques par sélection de plus en plus efficace des informations pertinentes à des catégories de problèmes de plus en plus délimités, précis, avec « perte » momentanée de capacités de discrimination et de différenciation (perte de plasticité). C'est ce qu'on pourrait appeler une « fermeture » croissante du système pour des gains d'efficacité.

Mais notre système nerveux serait également capable (tout au moins à certaines étapes ou lorsqu'il est placé dans certaines circonstances) de prendre en considération de nouvelles réalités, donc de nouvelles informations (de nouvelles langues ou d'autres aspects d'une langue donnée, de nouvelles variétés de visages ou d'autres aspects des visages connus, etc.) et démontrer ainsi une plasticité croissante, une adaptabilité, ce qui s'accompagnerait nécessairement, semble-t-il, de désadaptations momentanées, de phénomènes régressifs.

Etre capable de nouvelles mises en relations (entre nos perceptions, entre nos actions et entre nos perceptions et nos actions) c'est démontrer une adaptabilité croissante, mais aussi des adaptations momentanément plus précaires, plus soumises à des effets d'interférences. C'est ce qu'on pourrait appeler une « ouverture » croissante du système.

Notre tâche comme chercheurs dans le domaine pluridisciplinaire des neurosciences est par conséquent de tenter des mises en relation des phénomènes comportementaux de spécialisation et de diversification avec les phénomènes neuronaux de survie ou de mort neuronales, d'augmentation ou de diminution des ramifications dendritiques ou des contacts synaptiques, ainsi qu'avec des phénomènes moléculaires susceptibles à leur tour de les expliquer. Ce qui ne saurait se faire sans prises de risque et désadaptation momentanée !

Remerciements

Je tiens à remercier Françoise Schmitt pour son appréciable travail de secrétariat.

Bibliographie

- Caldara, R. (1999). Etude de l'effet dit de l' « autre race » dans la perception, la classification et la reconnaissance des visages : une approche pluridisciplinaire. Projet de thèse (avril 1999), Université de Genève, FPSE.
- Changeux, J.P. (1983). *L'homme neuronal*. Paris : Fayard.
- Diamond, A. (1988). Differences between adult and infant cognition: Is the crucial variable presence or absence of language? In L. Weiskrantz (Ed.), *Thought without language*, pp. 337-370. Oxford: Clarendon Press.
- Edelman, G.M. (1987). *Neural Darwinism. The theory of neural group selection*. New York: Basic Books.
- Ellis, H.D., Deregowsky, J.B., & Shepherd, J.W. (1975). Description of white and black faces by white and black subjects. *International Journal of Psychology*, 10, 119-123.
- Fuster, J.M. (1997). *The Prefrontal Cortex. Anatomy, Physiology, and Neuropsychology of the Frontal Lobe*. Philadelphia: Lippincott-Raven.
- Goldman-Rakic, P.S. (1987). Circuitry of primate prefrontal cortex and regulation of behavior by representational memory. In F. Plum (Ed.), *Handbook of Physiology: Nervous System. Vol. V: Higher Functions of the Brain*, Part 1, pp. 373-417. Bethesda, MD: American Physiological Society.
- Houdé, O. (1995). *Rationalité, développement et inhibition*. Paris: P.U.F.
- Jusczyk, P.W. (1985). On characterizing the development of speech perception. In J. Mehler and R. Fox (Eds.), *Neonate cognition: beyond the blooming buzzing confusion*, pp. 199-229. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Koenig, O. (1986). *Approche neuropsychologique du développement cognitif* [Neuropsychological approach to cognitive development]. Unpublished doctoral dissertation. University of Geneva, Faculty of Psychology.
- Koenig, O. (1989). Hemispheric Asymmetry in the Analysis of Stroop Stimuli: A Developmental Approach. *Developmental Neuropsychology*, 5(2 & 3), 245-260.
- Kuhl, P.K. (1992). Innate predispositions and the effect of experience in speech perception: The native language magnet theory. In B. de Boysson-Bardies, S. de Schonen, P. Jusczyk, P. MacNeilage & J. Morton (Eds.), *Developmental neurocognition: speech and face processing in the first year of life*, pp. 259-274. Kluwer: The Netherlands.
- Lord, J. (1980) Un portrait par Giacometti. Paris: Editions Mazarine. (1^{ère} éd. 1965).
- Mounoud, P. (1988). The ontogenesis of different types of thought. In L. Weiskrantz (Ed.), *Thought without language*. Oxford: Oxford University Press, 25-45.
- Mounoud, P. (1990). Cognitive development: Enrichment or impoverishment? How to conciliate psychological and neurobiological models. In C.A. Hauert (Ed.), *Developmental Psychology: Cognitive, perceptuo-motor and neuropsychological perspectives*, pp. 389-414. Amsterdam: North Holland.
- Pascual-Leone J., & Baillargeon, R. (1994). Developmental measurement of mental attention. *International Journal of Behavioral Development*, 17(1), 161-200.
- Ribaupierre A. de, & Bailleux, C. (1994). Development of attentional capacity in childhood. *International Journal of Behavioral Development*, 17(1), 5-35.
- Schonen, S. de (1999). The development of face processing: Neither innate nor not. Invited address, IXth European conference on Developmental Psychology. Spetses (Greece), September 1-5, 1999.
- Shapiro, P.N. & Penrod, S. (1986). Meta-analysis of facial identification studies. *Psychological Bulletin*, 100(2), 139-156.
- Shepherd, J. (1981). *Social factors in face recognition*. London: Academic Press.
- Thatcher, R. W. (1994). Cyclic cortical reorganisation. Origins of human cognitive development. In G. Dawson & K. W. Fischer (Eds.), *Human behavior and the development of brain*, pp.232-266, New York: Guilford.
- Werker, J.F., & Tees, R.C. (1983). Developmental changes across childhood in the perception of non-native speech sounds. *Canadian Journal of Psychology*, 37, 278-286.