

La boîte à outils du développementaliste : comment comprendre le monde visuel des enfants ?

Adélaïde DE HEERING*

RÉSUMÉ

Le développementaliste dispose d'une kyrielle d'outils de recherche pour appréhender la manière dont les nouveau-nés, les nourrissons et les enfants perçoivent le monde visuel. Dans cet article, nous décrirons les paradigmes de préférence et d'habituation visuelle, la technique d'enregistrement des mouvements oculaires, les mesures comportementales, les potentiels évoqués, la tomographie par émission de positrons et l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle. Nous évoquerons comment utiliser ces outils notamment quand l'intérêt du chercheur est porté sur les visages. Enfin, nous montrerons à quel point le choix d'un ou plusieurs outils dépend du domaine de recherche de l'expérimentateur et de l'âge de l'individu à tester.

MOTS-CLÉS : DÉVELOPPEMENT, OUTILS, RECHERCHE

ABSTRACT

The developmentalist toolbox: How to understand children's visual world ?

The developmental researcher is relating to different tools to understand how newborns, infants and children perceive the visual world. In this paper, we will describe the preference and habituation paradigms, the eye tracking technique, behavioural measures, event-related potentials, positron emission tomography and functional magnetic resonance imaging. We will mention how to use these tools when the researcher's interest is focused on faces. Finally, we will show that the choice of a unique or of several tools highly depends on the experimenter's research interests and the participants' age.

KEY-WORDS: DEVELOPMENT, TOOLS, RESEARCH

*Université Catholique de Louvain (UCL), Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation (PSP), Unité de Cognition et Développement (CODE), Place du Cardinal Mercier, 10, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgium E-mail : adelaide.deheering@uclouvain.be

INTRODUCTION

Le psychologue intéressé par le développement cognitif des enfants dispose d'un nombre important d'outils de recherche pour l'aider à lier leurs comportements à ce que l'on connaît de la maturation du cerveau. L'utilisation spécifique de l'un ou conjointe de plusieurs de ces outils dépend fortement des intérêts du chercheur. Nous décrirons ici ceux qui permettent de mieux comprendre la manière dont interagissent les enfants avec le monde visuel, avec les visages comme représentants notamment car ils y sont confrontés dès leur plus jeune âge. Outre le domaine de recherche du chercheur, l'âge des individus intervient aussi dans le choix d'un paradigme ou d'une technique. Comme nous le verrons, les paradigmes de préférence et d'habituation visuelle sont applicables dès le début de la période néonatale, la technique d'enregistrement des mouvements oculaires et les potentiels évoqués le sont dès la petite enfance alors que les études comportementales, la tomographie par émission de positrons et l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle ne sont généralement appliquées qu'aux enfants et aux adultes. Consensuellement, nous parlerons de nouveau-nés lorsque leur âge s'exprime encore en jours (de 0 à 28 jours). Les nourrissons âgés de 28 jours à 2 ans seront distingués des enfants, de plus de 2 ans.

LES PARADIGMES DE PRÉFÉRENCE ET D'HABITUATION VISUELLE

Les paradigmes de préférence et d'habituation visuelle ont été élaborés afin d'évaluer les comportements spontanés, visuels et auditifs, des nouveau-nés et des nourrissons. Grâce à eux, ceux-ci ne sont plus considérés comme des individus passifs et immatures du point de vue sensoriel mais plutôt comme des organismes dotés de compétences perceptives fonctionnelles sophistiquées. De manière tout à fait générale, ces techniques permettent d'observer vers quel *stimulus* visuel se porte l'attention des tout jeunes participants quand deux *stimuli* visuels sont présentés côte à côte et de manière suffisamment contrôlée pour en tirer des conclusions valables (Simion & Valenza, 1990).

Plus particulièrement, le paradigme de préférence visuelle consiste à présenter de manière simultanée deux *stimuli*, l'un à gauche et l'autre à droite d'un point central de fixation. L'analyse porte d'une part sur le nombre d'orientations visibles que le sujet initie vers chacun des *stimuli*, d'autre part sur la durée de chacune de ces fixations. Ce paradigme est fondé sur l'hypothèse que si le nouveau-né ou le nourrisson fixe plus longuement un *stimulus* qu'un autre, c'est qu'il a codé l'information contenue dans ces *stimuli*, qu'il les a discriminés et qu'il en a spontanément préféré un. Cependant, pour que l'on puisse effectivement parler d'une préférence visuelle, il faut que le sujet ait regardé au moins une fois chacun des *stimuli*. Ensuite, les préférences visuelles ne sont pas forcément le témoignage direct d'un phénomène inné. En effet, dans le cas des visages, si la préférence précoce des nouveau-nés pour les visages humains peut être

interprétée comme telle, ce n'est pas le cas de la préférence pour le visage de la mère plutôt que pour celui d'une étrangère qui, elle, serait plutôt interprétée comme la conséquence d'un apprentissage perceptif extrêmement rapide au contact du visage de la mère (Pascalis, de Schonen, Morton, Deruelle, & Fabre-Grenet, 1995).

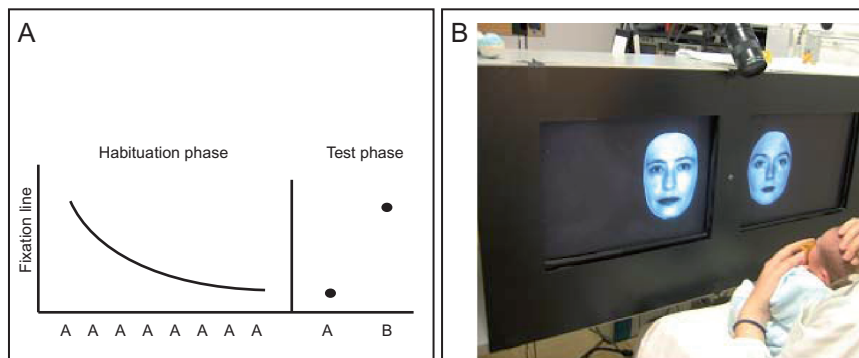


Figure 1.

A. Phases d'habituation et de test qui composent le paradigme classique d'habituation visuelle. B. Exemples de stimuli visuels présentés de part et d'autre d'un point central de fixation.

Le paradigme d'habituation (quand le temps d'apprentissage est variable) ou de familiarisation visuelle (quand le temps d'apprentissage est fixé par l'expérimentateur) consiste à mesurer la diminution du temps de fixation suite à la présentation répétée d'un même *stimulus* (voir Figure 1A). Ce paradigme nécessite 2 phases : la phase initiale d'habituation ou de familiarisation dans laquelle le même *stimulus* (A) est présenté plusieurs fois à l'enfant, puis la phase de test dans laquelle le *stimulus* familier (A) est présenté en même temps qu'un *stimulus* nouveau (B) différant du *stimulus* familier (A) par une ou plusieurs caractéristiques. En pratique, le nouveau-né est placé face à un écran (voir Figure 1B). Dès qu'il en fixe le centre, la phase d'habituation est lancée. L'observateur appuie alors sur un bouton-poussoir aussi longtemps qu'il juge que le nouveau-né fixe le *stimulus*. Dès qu'il ne le regarde plus pendant 2 secondes, l'expérimentateur fait disparaître le *stimulus* de l'écran. Le temps total de fixation est automatiquement calculé sur chaque ensemble de 3 fixations consécutives. Le critère d'habituation est atteint quand la somme de la durée des 3 dernières fixations est inférieure à la moitié (50 %) de la somme des 3 dernières fixations. Ensuite vient la phase de test composée de 2 essais. Lors du premier, le nouveau-né est confronté au *stimulus* familier (à gauche) positionné à côté du *stimulus* nouveau (à droite), de part et d'autre du point central de fixation (voir exemple, Figure 1B). Le côté de présentation (gauche/droite) du *stimulus* familier est contrebalancé pour le deuxième essai. L'observateur enregistre au moyen de 2 boutons poussoirs le temps que le nouveau-né passe à fixer l'un et l'autre *stimulus*. L'essai se

termine quand le temps total de fixation des 2 *stimuli* atteint 20 secondes. La procédure d'habituation visuelle est basée sur la tendance spontanée des nouveau-nés et des nourrissons à préférer la nouveauté immédiatement après une période de familiarisation. Le nouveau-né fixe pour une période plus longue un *stimulus* qui contient une propriété nouvelle par rapport à un *stimulus* avec lequel il vient d'être familiarisé. Il faut distinguer de ce cas le fait que le nouveau-né s'oriente spontanément vers le *stimulus* le plus familier lorsqu'aucune habituation/familiarisation spécifique n'a été réalisée auparavant (voir *supra*). Il regarde ainsi plus longtemps le visage de sa mère que celui d'une étrangère mais si on lui présente ce dernier pendant quelques minutes avant la phase de test, selon le paradigme classique d'habituation, on observe une préférence classique pour le visage nouveau (Field, Cohen, Garcia, & Greenberg, 1984). Il arrive parfois que le nouveau-né préfère le *stimulus* familier mais qu'une préférence pour le *stimulus* nouveau apparaisse à mesure que la représentation du *stimulus* familier se renforce (Fantz, 1964 ; Hunter, Ames, & Koopman, 1983 ; Roder, Bushnell, & Sasseville, 2000 ; Rose, Gottfried, Melloy-Carminar, & Bridger, 1982 ; Sirios & Mareschal, 2002 ; 2004). Ce phénomène survient, par exemple, quand le *stimulus* familier proposé en phase d'habituation n'est pas tout à fait identique à celui de la phase de test parce qu'il a subi une rotation ou a changé de taille (Walton, Armstrong, & Bower, 1997 ; Walton, Bower, & Bower, 1992). Le nouveau-né présente alors des difficultés à reconnaître le *stimulus* modifié et marque une préférence pour le *stimulus* familier qu'il cherche encore à examiner.

LA TECHNIQUE D'ENREGISTREMENT DES MOUVEMENTS OCULAIRES

La technique d'enregistrement des mouvements oculaires, que l'on appelle aussi *Eye-Tracking*, a été développée pour enregistrer de façon automatique les mouvements des yeux des participants. Elle convient particulièrement bien aux nouveau-nés, aux nourrissons et aux enfants. La littérature recense quelques études développementales qui associent la technique d'enregistrement des mouvements oculaires aux paradigmes de préférence et d'habituation visuelle (voir par exemple, Quinn, Doran, Reiss, & Hoffman, 2009) et aux mesures comportementales (voir par exemple, Corden, Chilvers, & Skuse, 2008). Il nous faudra cependant encore attendre quelques années avant d'envisager l'*Eye-Tracking* simultanément aux techniques d'imagerie (TEP et IRMf).

D'un point de vue plus technique, ce type d'enregistrement nécessite une phase préalable de calibration pendant laquelle des infrarouges sont projetés sur le centre de la pupille du participant, ce qui permet à l'expérimentateur de déterminer l'espace de l'image qu'il est précisément en train de fixer. Une phase de test suit la phase de calibration. Elle permet de déterminer les coordonnées $x-y$ qui correspondent aux points de fixation des participants sur le *stimulus* ainsi que l'ordre dans lequel ces fixations ont eu lieu (voir exemples, Figure 2).

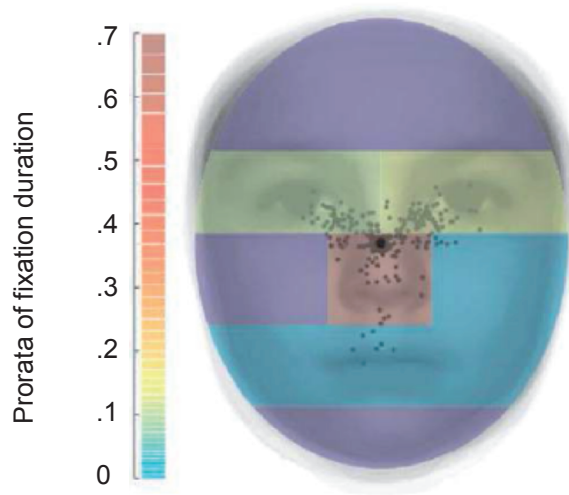


Figure 2.

Points de fixation et proportion de temps qu'un adulte donné peut passer à examiner un visage d'enfant (Orban de Xivry, Ramon, Lefèvre, & Rossion, 2008).

LES ÉTUDES COMPORTEMENTALES

L'intérêt des études comportementales réside dans le fait qu'elles permettent d'évaluer avec précision les comportements moteurs et verbaux des enfants, au moyen de leurs temps de réaction (ms) et de la précision de leurs réponses (% de réponses correctes). Par extension, elles permettent également des inférences sur l'organisation de leurs processus mentaux (chronométrie mentale). Les études comportementales ne sont pas invasives, ne demandent pas beaucoup de ressources financières et sont donc souvent utilisées pour évaluer les comportements aux différents âges de la vie. Comme nous l'avons déjà mentionné, elles peuvent être associées à la technique d'enregistrement des mouvements oculaires (voir *supra*), elles le sont également avec les potentiels évoqués (voir par exemple, Kuefner, de Heering, Jacques, Palmero-Soler, & Rossion, sous presse) et les techniques d'imagerie (voir par exemple Golorai, Ghahremani, Whitfield-Gabrieli, Reiss, Eberhardt, Gabrieli, & Grill-Spector, 2007). Enfin, les mesures comportementales sont influencées tant par des facteurs internes que par des facteurs externes à l'enfant.

Nous entendons par facteurs externes tout ce qui exclut l'individu en tant que sujet mais qui influence tout de même ses résultats. On retrouve ainsi le contexte dans lequel se déroule le test. Le choix d'une pièce calme en dehors du lieu de vie habituel de l'enfant favorise le bon déroulement du test. La transition physique d'un espace à un autre a en effet tendance à matérialiser la transition cognitive que l'on attend de lui, le passage d'une activité à une situation de test. Il est toutefois préférable de choisir un endroit qui ne soit pas trop éloigné de son lieu de vie car ceci insécurise souvent les plus jeunes enfants. L'expérimentateur

veillera encore à ce que l'enfant soit confortablement installé, sur une chaise adaptée à sa taille. Les plus jeunes préféreront réaliser la tâche sur les genoux de l'expérimentateur, situation envisageable à condition que ce dernier n'interfère ni en parole ni en geste. D'autres facteurs externes comme le type de tâche influencent directement l'enfant. La tâche doit être courte mais suffisamment longue pour assurer une certaine puissance statistique. Nous avons remarqué, par exemple, qu'elle ne devait pas dépasser 15 minutes pour les enfants de 4-5 ans. En outre, elle ne doit ni mener à des effets planchers ni à des effets plafonds (voir à ce sujet Want, Pascalis, Coleman, & Blades, 2003). Plus l'échantillon inclut des tranches d'âges différentes, plus l'objectif est difficile à atteindre puisqu'il faut trouver une tâche accessible aux tout petits qui ne soit pas trop facile pour les plus grands. Ceci dit, même quand une seule tâche est définie pour tous, il n'est pas rare d'observer une plus grande variance chez les plus petits par rapport aux plus grands. Enfin, elle doit être suffisamment attrayante pour initier et maintenir la motivation de chacun. Pour étudier les capacités de reconnaissance des visages des enfants de 4 et 2 ans, Mondloch, Leis et Maurer (2006) et Brace et collaborateurs (2001) ont, à cet effet, respectivement choisi une histoire de zoo et de sorcière pour introduire leur tâche. Outre le design, le choix de l'interface de réponse est également primordial. Alors que les adultes appuyent aisément sur des pastilles de couleur rouge et verte posées sur le clavier d'un ordinateur en fonction de la réponse à donner (rouge : différent ; vert : identique) (voir par exemple, de Heering, Houthuys, & Rossion, 2007), les enfants préfèrent souvent se servir de boîtiers de réponse colorés spécialement construits à cet effet (voir Figure 3A ; de Heering, de Liedekerke, Deboni, & Rossion, 2009). L'écran tactile (« sensitive screen », voir Figure 3B) s'avère également très efficace pour tester les plus jeunes enfants qui présentent parfois des difficultés à associer un jugement (identique/différent) à une couleur de boutons (vert/rouge) définie arbitrairement. Tout comme les boîtiers de réponse, il permet de récolter de manière fiable la précision des réponses des enfants ainsi que leurs temps de réaction dans un contexte récréatif où les images disparaissent au simple toucher de l'écran.

En outre, bon nombre de facteurs internes influencent les résultats des enfants et la manière dont ils accomplissent la tâche. Le premier est l'état de motivation du participant au moment du *testing*. En recrutant nos sujets dans une école, nous avons remarqué qu'il était judicieux de présenter la tâche à l'ensemble de la classe avant de la proposer à chaque enfant séparément. Il appréhende alors la nouveauté non pas seul mais en groupe et se laisse ainsi plus facilement prendre au jeu de l'expérience. Cette manière de faire favorise aussi les discussions ainsi qu'une forme de compétition entre les enfants. L'expérimentateur veillera enfin à récompenser l'enfant après chaque phase de test (ex : des bonbons si le régime alimentaire de l'enfant le permet et avec l'accord des parents) mais également l'ensemble du groupe une fois la tâche réalisée (ex : une plante ou un hamster avec l'accord des enseignants). Le niveau de langage de l'enfant est un autre facteur qui influence fortement ses performances. Il intervient en effet directement dans

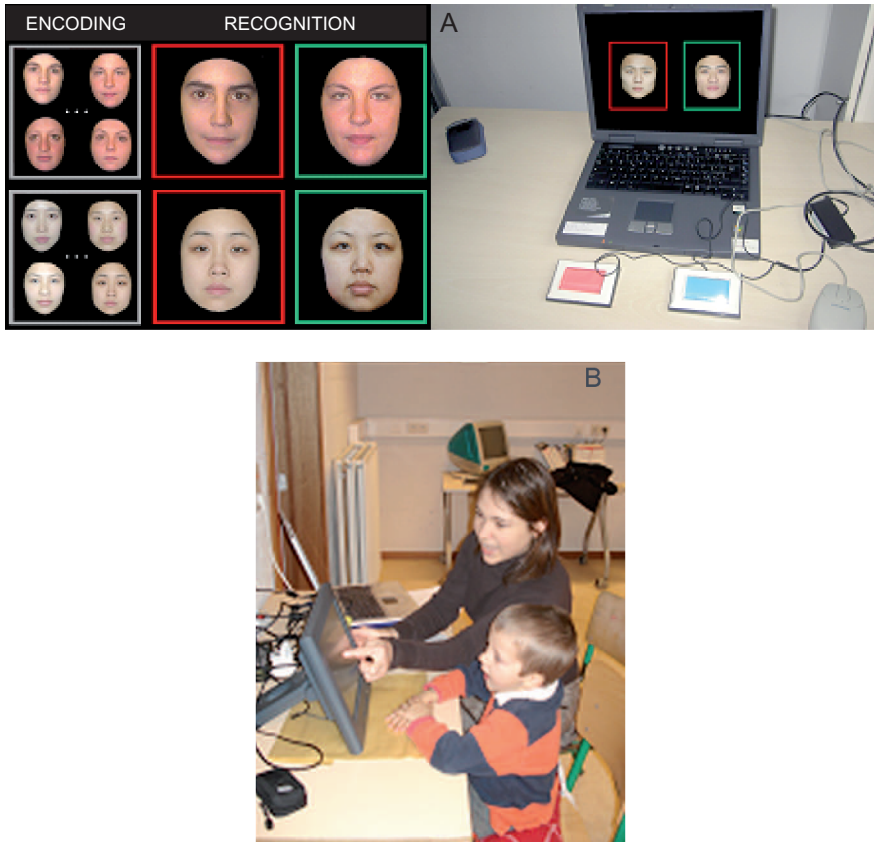


Figure 3.

A. Exemple de boîtiers de réponse qui peuvent être utilisés avec de jeunes enfants. Dans cette étude (de Heering et collaborateurs, 2009), l'enfant devait appuyer sur le bouton rouge si le visage précédemment vu était entouré de rouge et sur le bouton vert s'il s'agissait de celui entouré de vert. B. Utilisation d'un écran tactile avec un enfant de 4 ans.

la compréhension des consignes. Ces dernières doivent être claires et précises, composées de mots simples et de phrases courtes, et accompagnées de dessins (ex : des personnages de bandes dessinées) ou de pictogrammes souvent plus évocateurs qu'un long texte. Leur compréhension des consignes pourra être testée en demandant à l'enfant ce qu'il en a compris et en le pré-testant par l'intermédiaire d'exemples. Les capacités mnésiques et attentionnelles des enfants entrent également en ligne de compte au moment de la construction de la tâche. En effet, même si leurs capacités mnésiques augmentent au fur et à mesure du développement, elles restent réduites par rapport à celles des adultes (Brown, 1975 ; Flavell, 1977). Par conséquent, il semble inutile de demander à un jeune enfant de mémoriser de longues séries de visages. Contrairement aux adultes et aux enfants plus âgés, les jeunes enfants présentent aussi des difficultés à

filtrer efficacement l'information non pertinente (Miller & Weiss, 1981). Cette tendance est manifeste dans les tâches de reconnaissance lorsqu'on observe que la présence d'accessoires (lunettes, barbe, chapeau, etc.) interfère fortement avec leurs capacités à traiter l'identité des visages. L'attention soutenue est également plus faible chez les enfants que chez les adultes. Il est donc important de réduire au maximum la durée du test tout en maintenant un nombre d'essais suffisant pour garantir une certaine puissance statistique.

LA TECHNIQUE DES POTENTIELS ÉVOQUÉS

Cette technique est largement utilisée dans le domaine de la psychologie et des neurosciences. Elle s'applique aussi bien aux nourrissons et aux enfants qu'aux adultes. En effet, elle est non invasive, fait référence à des variables dépendantes (ex : latence et amplitude d'une composante) qui peuvent être étudiées tout au long du développement et donne la possibilité d'isoler les réponses électriques des autres réponses de l'enfant, ce qui permet, par exemple, d'éviter d'attribuer une différence à un processus visuel alors qu'elle reflète en fait une réponse motrice ou linguistique. Elle est également beaucoup moins sensible que les techniques comportementales aux biais tels que les persévérations motrices ou verbales puisque seules les réponses électriques émises à la surface du scalp sont prises en compte. Les potentiels évoqués dérivent de l'électroencéphalogramme (EEG). Ils sont recueillis grâce à une série d'électrodes placées à la surface du scalp (voir Figure 4) mais doivent ensuite être amplifiés et filtrés (Luck, 2005). Ce n'est que depuis une dizaine d'années qu'ils sont utilisés avec les nourrissons (de Haan & Nelson, 1997 ; 1999) et les enfants (Taylor, McCarthy, Saliba, & Degiovanni, 1999) dans l'idée, notamment, de déterminer quels sont les composants présents dans l'enfance et la petite enfance et s'ils présentent les mêmes caractéristiques fonctionnelles qu'à l'âge adulte.

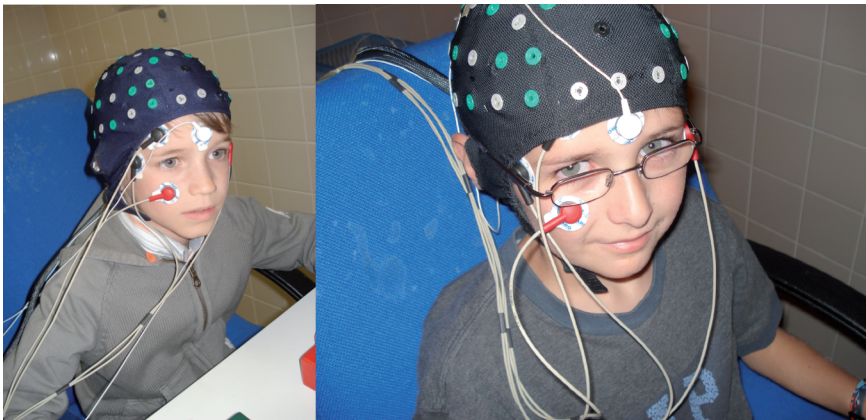


Figure 4.

La technique des potentiels évoqués utilisée chez l'enfant.

LA TOMOGRAPHIE PAR ÉMISSION DE POSITRONS

La tomographie par émission de positrons (TEP) mesure les changements métaboliques de glucose et d'oxygène qui ont lieu lors d'une activité cognitive. Ceux-ci sont repérables grâce à l'injection préalable d'une substance radioactive. Dans une série d'études, Chugani et Phelps (1986), Chugani, Phelps et Mazziotta (1987) et Chugani (1994) ont utilisé cette technique aussi bien avec des nourrissons que des enfants afin d'élargir leurs connaissances sur la manière dont se développent le métabolisme cérébral et les synapses. Ils ont notamment mis en évidence une hétérochronie au niveau de la maturation métabolique des différentes zones du cerveau. Contrairement à la résonance magnétique fonctionnelle (voir *infra*), cette technique présente plusieurs difficultés. Tout d'abord, elle implique que l'on injecte un produit radioactif au participant, ce qui n'est pas autorisé à l'heure actuelle avec de jeunes enfants en bonne santé. Ensuite sa résolution spatiale est de l'ordre du centimètre cube, ce qui est bien moins précis que ce que propose la IRMf (voir *infra*). Enfin, sa résolution temporelle n'est que de l'ordre de la minute, ce qui donne peu d'informations sur le moment auquel l'activité prend place.

L'IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE FONCTIONNELLE

L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) est la méthode la plus souvent utilisée pour mettre en images l'activité fonctionnelle du cerveau. À défaut de bénéficier d'une résolution temporelle analogue à celle des potentiels évoqués, l'IRMf permet de récolter des images de grande résolution spatiale, de l'ordre du millimètre (Logothetis, 2008). Outre le fait qu'elle permet de recueillir des informations structurales précises (IRM), cette technique permet de localiser les zones cérébrales activées, sur base de l'effet BOLD (Blood Oxygen Level Dependant) lié à l'aimantation de l'hémoglobine contenue dans les globules rouges du sang. Dans le cadre des expériences IRMf, l'expérimentateur cherche à comparer les *patterns* d'activation d'un sujet au repos, en situation contrôle, et quand il réalise une tâche. Cette technique convient bien aux enfants car elle est non invasive et ne demande pas que le sujet soit exposé à des radiations, comme c'est le cas avec la TEP (voir *supra*). Elle n'est utilisée que depuis peu avec des enfants de moins de 5 ans pour des raisons éthiques et/ou pratiques. Il est notamment difficile, pour un tout jeune enfant, de rester calme un long moment et de supporter un niveau de bruit conséquent (90 dB) dans un environnement confiné. Dans des études relatives à la perception du langage, Dehaene-Lambertz, Dehaene et Herz-Pannier (2002) ont néanmoins relevé le défi de tester des nourrissons de 2 mois en IRMf.

CONCLUSIONS

Nous avons ici passé en revue les différents paradigmes et techniques qui permettent au développementaliste d'appréhender au mieux comment les nouveau-nés, les nourrissons et les enfants perçoivent le monde visuel. Ceux-ci sont également applicables à d'autres domaines de recherche comme l'audition. Au travers de leur description, nous avons vu que le choix d'un outil dépend d'une part du type de recherche à effectuer et d'autre part, de l'âge de l'individu à tester. Ainsi, l'expérimentateur privilégiera les potentiels évoqués pour obtenir des résultats d'une grande résolution temporelle et l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle pour garantir des images d'une grande précision spatiale. Concernant l'âge du participant, nous avons vu qu'à l'heure actuelle les nouveau-nés en bonne santé ne peuvent pas être scannés pour des raisons pratiques et éthiques. À l'inverse, les paradigmes de préférence et d'habituation visuelle leur sont particulièrement adaptés. Les capacités de traitement visuel des nourrissons sont, quant à elles, étudiées par l'intermédiaire de ces mêmes paradigmes, de l'enregistrement de leurs mouvements oculaires et des potentiels évoqués. Ces outils sont en effet peu sensibles au fait qu'ils disposent d'un répertoire comportemental réduit et qu'ils ne peuvent ni suivre des instructions, ni donner de réponses verbales ou motrices précises. Enfin, ce n'est que dans l'enfance que sont utilisés des outils comme les études comportementales, la tomographie par émission de positrons et l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Brace, N.A., Hole, G.J., Kemp, R.I., Pike, G.E., Van Duuren, M., & Norgate, L. (2001). Developmental changes in the effect of inversion: Using a picture book to investigate face recognition. *Perception, 30*, 85-94.
- Brown, A.L. (1975). The development of memory: Knowing, knowing about knowing, and knowing how to know. In H.W. Reese (Ed.), *Advances in Child Development and Behavior* (Vol. 10). New York: Academic Press.
- Chugani, H.T. (1994). Development of regional brain glucose metabolism in relation to behavior and plasticity. In G. Dawson, & K. Fischer (Eds.), *Human behavior and the developing brain* (pp. 153-175). New York: Guilford.
- Chugani, H.T., & Phelps, M.E. (1986). Maturational changes in cerebral function in infants determined by [18]FDG positron emission tomography. *Science, 231*, 840-843.
- Chugani, H.T., Phelps, M.E., & Mazziotta, J.C. (1987). Positron emission tomography study of human brain functional development. *Annals of Neurology, 22*, 487-497.
- Corden, B., Chilvers, R., & Skuse, D. (2008). Avoidance of emotionally arousing stimuli predicts social-perceptual impairment in Asperger's syndrome. *Neuropsychologia, 46*, 137-147.

- de Haan, M., & Nelson, C.A. (1997). Recognition of the mother's face by 6-month-old infants : a neurobehavioral study. *Child Development*, 68, 187-210.
- de Haan, M., & Nelson, C.A. (1999). Brain activity differentiates face and object processing in 6-month-old infants. *Developmental Psychology*, 35, 1113-1121.
- Dehaene-Lambertz, G., Dehaene, S., & Herz-Pannier, L. (2002). Functional neuroimaging of speech perception in infants. *Science*, 298, 2013-2015.
- de Heering, A., de Liedekerke, C., Deboni, M., & Rossion, B. (2009). The role of experience during childhood in shaping the other-race face effect. *Developmental Science*.
- de Heering, A., Houthuys, S., & Rossion, B. (2007). Holistic face processing is mature at 4 years of age: evidence from the composite face effect. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96, 57-70.
- Fantz, R.L. (1964). Visual experience in infants: decreased attention to familiar patterns relative to novel ones. *Science*, 146, 668-670.
- Field, T.M., Cohen, D., Garcia, R., & Greenberg, R. (1984). Mother-stranger face discrimination by the newborn. *Infant Behavior and Development*, 7, 19-25.
- Flavell, J.H. (1977). *Cognitive Development*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Golorai, G., Ghahremani, D.G., Whitfield-Gabrieli, S., Reiss, A., Eberhardt, J.L., Gabrieli, J.D.E., & Grill-Spector, K. (2007). Differential development of high-level visual cortex correlates with category-specific recognition memory. *Nature Neuroscience*, 10, 512-522.
- Hunter, M.A., Ames, E.W., & Koopman, R. (1983). Effects of stimulus complexity and familiarization time on infant preferences for novel and familiar stimuli. *Developmental Psychology*, 19, 338-352.
- Kuefner, D., de Heering, A., Jacques, C., Palmero-Soler, E., & Rossion, B. (sous presse). Early visually evoked electrophysiological responses over the human brain (P1, N170) show stable patterns of face-sensitivity from 4 years to adulthood. *Frontiers in Human Neuroscience*.
- Logothetis, N.K. (2008). What we can do and what we cannot do with fMRI. *Nature*, 453, 869-878.
- Luck, S. (2005). *An introduction to the event-related potential technique*. Cambridge, MA: MIT Press.
- McKone, E., & Boyer, B.L. (2006). Sensitivity of 4-year-olds to featural and second-order relational changes in face distinctiveness. *Journal of Experimental Child Psychology*, 94, 134-162.
- Miller, P.H., & Weiss, M.G. (1981). Children's attention allocation, understanding of attention, and performance on the incidental learning task. *Child Development*, 52, 1183-1190.
- Mondloch, C.J., Leis, A., & Maurer, D. (2006). Recognizing the face of Johny, Suzy, and me: insensitivity to the spacing among features at 4 years of age. *Child Development*, 77, 234-243.
- Orban de Xivry, J.-J., Ramon, M., Lefèvre, P., & Rossion, B. (2008). Reduced fixation on the upper area of personally familiar faces following acquired prosopagnosia. *Journal of Neuropsychology*, 2, 245-268.
- Pascalis, O., de Schonen, S., Morton, J., Deruelle, C., & Fabre-Grenet, M. (1995). Mother's face recognition by neonates: A replication and an extension. *Infant Behavior and Development*, 18, 79-85.

- Quinn, P.C., Doran, M.M., Reiss, J.E., & Hoffman, J.E. (2009). Time course of visual attention in infants categorization of cats versus dogs : evidence for a head bias as revealed through eye tracking. *Child Development, 80*, 151-161.
- Roder, B.J., Bushnell, E.W., & Sasseville, A.M. (2000). Infants' preference for familiarity and novelty during the course of visual processing. *Infancy, 4*, 491-508.
- Rose, S.A., Gottfried, A.W., Melloy-Carminar, P., & Bridger, W.H. (1982). Familiarity and novelty preferences in infant recognition memory: implications for information processing. *Developmental Psychology, 18*, 704-713.
- Simion, F., & Valenza, E. (1990). Tecniche per lo studio dei processi di base. In L. Camaioni & F. Simion (Eds.), *Metodi di ricerca in psicologia dello sviluppo* (pp. 101-139). Bologna: Il Mulino.
- Sirios, S., & Mareschal, D. (2002). Models of habituation in infancy. *Trends in Cognitive Sciences, 6*, 293-298.
- Sirios, S., & Mareschal, D. (2004). An interacting systems model of infant habituation. *Journal of Cognitive Neuroscience, 16*, 1352-1362.
- Taylor, M.J., McCarthy, G., Saliba, E., & Degiovanni, E. (1999). ERP evidence of developmental changes in processing of faces. *Clinical Neurophysiology, 110*, 910-915.
- Walton, G.E., Amstrong, E.S., & Bower, T.G.R. (1997). Faces as forms in the world of the newborn. *Infant Behavior and Development, 20*, 537-543.
- Walton, G.E., Bower, N.J.A., & Bower, T.G.R. (1992). Recognition of familiar faces by newborns. *Infant Behavior and Development, 15*, 265-269.
- Want, S.C., Pascalis, O., Coleman, M., & Blades, M. (2003). Face facts: is the development of face recognition in early and middle childhood really so special? In O. Pascalis & A. Slater (Eds.), *The development of face processing in infancy and childhood* (pp. 207-221). New York: Nova Science.