

Les capacités perceptives du bébé

Isabelle Carchon

La fonction première du système visuel est de répondre à une stimulation lumineuse, de détecter des différences de luminances ou de contrastes. A cela s'ajoute chez l'homme, la fonction de représentation, de codage de l'information de telle sorte qu'une reconnaissance (ou une identification) et une localisation des objets soient possibles. Ces deux fonctions sont en étroite dépendance.

Pour rendre compte du fonctionnement précoce du système visuel, on s'attachera, dans un première partie, aux mécanismes optiques, qui en raison de certaines contraintes, contribuent à limiter le fonctionnement optimal du système visuel. Ensuite nous ferons référence au développement du seuil d'acuité et enfin, l'étude de l'étendue du champ visuel nous permettra d'élaborer des hypothèses quant au fonctionnement oculomoteur.

1. Mécanismes optiques

1.1 L'accommodation

Le phénomène d'accommodation se réfère aux variations de modifications de la courbure du cristallin. Cette variation de courbure permet à l'image visuelle de se former juste sur la rétine (condition nécessaire pour obtenir une image nette). De la naissance à 3-4 mois, le cristallin devient souple et contractable, néanmoins sa courbure varie peu avec l'éloignement des objets. Des études anciennes (Haynes, White et Held, 1965; Vurpillot, 1972) ont montré que l'accommodation restait blo-

quée à une distance préférentielle et fixe de l'ordre de 20 cm. Ainsi, les objets situés autour de 20 cm se projettent nettement sur la rétine. Au 2ème mois, l'accommodation s'améliore nettement, devient plus flexible et continue d'augmenter jusqu'à 4 mois. Plus récemment, Banks (1980) précise que l'accommodation est fonction de la distance de présentation du stimulus. En effet, le bébé ajuste son accommodation dans la direction de la cible si celle-ci se trouve à une distance comprise entre 20 et 75 cm. De 3.5 mois à 4 mois, la précision de l'accommodation serait maximale donc meilleure que celle de l'adulte car elle permettrait au bébé de voir net des objets situés à 5 cm. A 4 mois, l'accommodation est semblable à celle de l'adulte (Aslin, 1985).

1.2. La convergence binoculaire

La convergence peut se définir simplement comme l'ensemble des processus participant au mouvement synchrone des deux yeux. Elle a pour conséquence la projection de l'image du stimulus sur deux points de chaque rétine "correspondants". La convergence a donc pour fonction essentielle de maintenir le stimulus fixe sur la fovéa.

Depuis de nombreuses années, on pensait qu'à la naissance, la convergence binoculaire était très imparfaite, voir inexistante. Par exemple, Fonarev, (1966) et Duke-Elder et Cook (1963) pensent qu'initialement les mouvements des deux yeux sont indépendants, irréguliers et non conjugués. Pour ces auteurs, la convergence ne serait précise que vers 6 mois. Ces anciennes données sur la date de maturation de la binocularité ont été remises en cause: pour un certain nombre d'auteurs (Atkinson et Braddick, 1976; Braddick et Atkinson, 1983), la binocularité existe à partir de 3-4 mois. Pour d'autres (Aslin et Salapatek, 1975; Aslin 1977), la fixation binoculaire, instable à la naissance, apparaîtrait de façon plus nette vers 7-8 semaines et s'améliorerait rapidement au cours des 3 premiers mois de vie.

La convergence binoculaire est liée au réflexe de fixation et/ou au réflexe d'orientation qui correspond au déclenchement d'une saccade oculaire en réponse à l'apparition d'une stimulation lumineuse dans le champ visuel périphérique et à l'arrêt de ce mouvement oculaire lorsque le stimulus arrive en vision fovéale sur chacun des deux yeux. Ces mécanismes optiques (il en existe d'autres) limitent les compétences visuelles du bébé. Avant d'étudier le développement du champ visuel en relation avec les capacités du bébé à détecter des stimuli placés en périphérie, nous aborderons le développement de l'acuité visuelle centrale correspondant à la capacité de distinguer des détails fins d'un objet.

2. Développement du pouvoir de résolution

2. 1. L'acuité visuelle ou résolution spatiale

Le seuil d'acuité visuelle se définit comme la plus petite distance entre deux points que le sujet est juste capable de distinguer en vision fovéale. En utilisant des réseaux de fréquence spatiale (succession de bandes alternativement sombres et claires), on a pu montrer que le pouvoir séparateur chez l'adulte est maximal au niveau de la fovéa et varie de 45 à 60 cycles par degré (cpd). De nombreux facteurs peuvent entrer en jeu pour effectuer une mesure d'acuité visuelle chez l'adulte et de surcroît chez l'enfant : non seulement le contrôle de la luminance, du contraste, du mode de présentation, mais également des facteurs de type attentionnel. Pour mesurer le seuil d'acuité chez les nourrissons deux principales méthodes sont utilisées (Dobson et Teller, 1978; Banks et Salapatek, 1983; Teller, 1981) : (a) le nystagmus opto-cinétique (NOC¹) ; (b) la technique du choix préférentiel (PL) et celle plus récente du regard préférentiel à choix forcé (FPL: forced-choice preferential looking) (Teller, 1979; 1985). D'autres méthodes nombreuses sont parfois utilisées comme la méthode des potentiels évoqués visuels, les techniques de conditionnement et également une nouvelle technique de photo-oculographie (Charlier, Buquet, Desmidt et Querleu, 1993) qui donnent des résultats assez similaires.

Le nystagmus opto-cinétique

L'acuité visuelle se teste en présentant un réseau de fréquence spatiale en mouvement (alternance de bandes claires et sombres) qui déclenche le nystagmus opto-cinétique. Ce dernier consiste en un premier mouvement lent des yeux dans le sens du déplacement du stimulus, suivi par une seconde phase (initialisée lorsque les yeux sont verrouillés à l'extrémité de l'orbite), faite d'une saccade rapide dans le sens inverse du mouvement. En présentant différents réseaux de fréquence spatiale c'est-à-dire en variant le nombre de cycles par degré d'angle visuel (cpd), les auteurs ont déterminé la plus petite valeur angulaire (ou largeur de bande) qui produit un nystagmus opto-cinétique. Cette valeur correspond au seuil d'acuité visuelle. En effet, si les bandes ne sont pas différenciées, le sujet va percevoir une plage homogène et il n'aura donc pas cette réaction optomotrice réflexe. Fantz, Ordy et Udelf (1962) observent à l'aide de cette méthode, une augmentation rapide de l'acuité avec l'âge. Le seuil d'acuité à 2 semaines est de l'ordre de 2 cpd, il est de 6 cpd à 5,5 mois, et de 60 cpd à 30 mois. Ainsi, à la naissance, l'acuité visuelle apparaît 60 fois inférieure à celle de l'adulte; A 6 mois, elle n'est plus que 5 fois inférieure.

1. Opto-Kinetic Nystagmus (OKN)

Les techniques du choix préférentiel (PL) et du regard préférentiel à choix forcé (FPL) (Fantz et al. 1962 ; Dobson et Teller, 1978 ; Teller, 1979 ; 1985).

La technique comportementale du choix préférentiel mise au point par Fantz et al. (1962) repose sur une hypothèse générale : l'enfant regarde davantage un pattern hétérogène qu'une plage homogène. L'enfant est alors placé face à un dispositif, composé de deux stimulus, une plage homogène et un réseau de fréquence spatiale de même luminance, présenté aléatoirement à droite ou à gauche. L'expérimentateur, qui ne connaît pas l'emplacement effectif des patterns, doit juger d'après la localisation du regard de l'enfant, l'emplacement effectif de la cible. Des variables enregistrées, comme le temps de fixation et la durée de fixation sur chaque stimulus, peuvent être appréciées (par exemple, par la mesure du reflet cornéen) ainsi que d'autres aspects du regard, tels que la direction de la première saccade, la durée des saccades. Avec la technique du regard préférentiel à choix forcé, un seul pattern est présenté à droite ou à gauche, et l'expérimentateur mesure les temps de fixation cumulés sur chacun des deux stimulus. Le stimulus est considéré comme perçu quand les temps cumulés de regard en présence de l'objet sont significativement plus élevés que ceux obtenus sans objet et/ou en présence d'un autre stimulus.

L'hypothèse sous-jacente de ces techniques, réside nous l'avons dit, dans le fait que le nouveau-né, dès la naissance, a tendance à préférer un certain type de stimulus plutôt qu'un autre. Cette préférence s'actualise alors par un temps de regard plus important sur le stimulus apprécié. En contre-partie, aucune conclusion n'est possible en cas d'échec; celui-ci peut signifier soit une non-discrimination des deux stimulus présentés, soit une impossibilité à exprimer cette préférence. L'acuité visuelle estimée, par cette méthode, soit la fréquence spatiale la plus élevée du réseau que le nourrisson est capable de discriminer, se situe également après la naissance autour de 1,3 cpd et à 6 mois vers 5 cpd (Bongrand Gay-Meret, Grochowicki et Vital-Durand 1983; Atkinson, 1984). Les différents auteurs s'accordent pour attester d'un réel fonctionnement fovéal à cet âge. Pour Mohn et Van Hof-Van Duin (1986), l'acuité visuelle passe de 1 cpd à la naissance à 10 cpd à 1 an, avec un rapide développement autour du 5^{ème} mois.

D'après Teller (1981), il y a de bonnes raisons de croire que les limites de l'acuité durant le développement sont imposées par les immaturités neuronales plutôt que par des limitations optiques. Il existe de bonnes corrélations entre l'acuité mesurée d'un point de vue comportemental et les capacités de résolution spatiale des cellules visuelles dans le corps genouillé latéral.

Les mesures apportées par d'autres techniques sont nombreuses. Ainsi, la méthode des potentiels évoqués visuels (PEV) apporte des contradictions dans ces

résultats. Un PEV se définit comme la sommation des réponses corticales qui résultent d'un changement temporel des caractéristiques du stimulus. Ces différences souvent supérieures peuvent s'expliquer par des différences de nature du stimulus (Banks et Salapatek, 1983) ou par une remise en cause de la signification des PEV comme intégration d'une réponse comportementale. On peut en effet se demander si les mesures faites par PEV, représentant une réponse purement nerveuse, peuvent s'appliquer comme mesure d'une réponse comportementale.

Il existe également des techniques de conditionnement, où l'enfant, âgé nécessairement de plus de 5 mois, apprend par l'intermédiaire d'une récompense à localiser la position d'un stimulus particulier, le plus souvent un réseau de fréquence spatiale (Teller, 1981).

Très récemment, Buquet, Desmidt, Charlier et Querleu (1992) appliquent une technique nouvelle de photo-oculographie : il s'agit de mesurer les déplacements relatifs d'une source lumineuse réfléchi sur la cornée et de l'image de la pupille (association de la technique du reflet cornéen et une détection automatique de la position pupillaire). Les résultats obtenus pour des nouveau-nés (de 1 à 9 jours) par cette mesure, entièrement automatisée, sont meilleurs que ceux obtenus par regard préférentiel, à savoir 0,2 cpd. Il existe ainsi des combinaisons de ces différentes méthodes afin d'estimer le plus précisément possible l'évolution de l'acuité visuelle de l'enfant.

L'acuité visuelle, nous venons de le voir, est généralement mesurée au niveau de la rétine fovéale. En vision périphérique, chez l'adulte, le pouvoir séparateur est beaucoup plus faible en raison de la structure même de la rétine (convergence des informations) puisque plusieurs photorécepteurs vont converger vers une seule cellule ganglionnaire. Chez le nouveau-né, la structure physiologique de la rétine périphérique est plus mature que la rétine centrale, ainsi des progrès sont également visibles (Sireteanu, Kellerer et Boergen, 1984).

2.2. Développement de l'étendue du champ visuel

Le développement de la rétine périphérique est directement lié au développement du champ visuel. Le champ visuel peut être défini comme la zone de l'espace à l'intérieur de laquelle le bébé peut détecter une tache lumineuse, ou localiser un stimulus quelconque. Mohn et Van Hof-Van Duin (1986) en utilisant la technique du périmètre kinétique dynamique, indiquent que le champ visuel binoculaire se développe lentement pendant les deux premiers mois de la vie; il augmente plus rapidement jusqu'à 8 mois avec une expansion temporelle dans la direction horizontale et verticale du champ alors que la progression du champ nasal ne se fait que

jusqu'à l'âge de 3-4 mois. Les auteurs notent un ralentissement de la vitesse de croissance jusqu'à l'âge de 12 mois où la taille définitive du champ supérieur est atteinte, ce qui n'est pas le cas pour la dimension horizontale et inférieure.

En revanche, la forme du champ visuel binoculaire à la naissance est approximativement la même que celle de l'adulte avec bien évidemment une taille réduite. Chez l'adulte, les données sont de 180° pour l'axe horizontal et 115° pour l'axe vertical alors que chez le nourrisson, on observe 60° pour l'axe horizontal et 20° pour l'axe vertical (Schwartz, Dobson, Sandstrom et Van Hof-Van Duin; 1987). Concrètement, cela signifie qu'un nouveau-né fixant un point, a la possibilité de percevoir l'apparition d'un deuxième stimulus lumineux seulement si celui-ci se trouve à moins de 25 cm sur sa droite ou sur sa gauche et à moins de 9 cm au dessus ou au dessous de sa ligne de regard pour une distance de 50 cm.

En ce qui concerne le champ monoculaire, l'étendue du champ nasal est toujours, quelque soit l'âge, plus petit que celle du champ temporal. A 12 mois, le champ temporal s'étend sur 80° et le champ nasal sur 45° (Maurer, Clarke et Lewis, 1986; Mohn et Van Hof-Van Duin, 1986). Pour référence, le champ nasal de l'adulte s'étend sur 60° et le champ temporal sur 90°.

Toutes ces données montrent que la vision du nouveau-né est plus limitée que la vision de l'adulte, mais elle est cependant déjà fonctionnelle. Une autre approche de l'étude de ces aspects fonctionnels réside dans l'étude de l'activité oculomotrice. Ainsi cette analyse des caractéristiques dynamiques des mouvements oculaires renseigne sur l'aptitude précoce du bébé à détecter, à fixer, à suivre des objets de l'environnement visuel.

3. Le fonctionnement oculomoteur

La capacité à traiter l'information visuelle présente dans l'environnement est, en partie, déterminée par la manière dont le regard se déplace dans le champ visuel. Tout d'abord, l'homme peut bouger les yeux en accomplissant des mouvements complexes tels que des mouvements horizontaux, verticaux, obliques et de torsion. L'effection de ses mouvements se fait par l'intermédiaire du système périphérique oculomoteur, constitué de trois nerfs oculomoteurs et de six muscles : quatre muscles droits supérieur, inférieur, interne et externe, et deux obliques, le grand oblique et petit oblique (Larmande et Larmande, 1989).

Depuis bien longtemps, de nombreux auteurs ont montré, chez des enfants plus âgés, que ces mouvements oculaires ne s'effectuent pas de façon anarchique mais diffèrent selon la tâche à effectuer (Piaget et Vinh-Bang, 1961; Vurpillot, 1972).

Ainsi l'expérience de Vurpillot sur la reconnaissance visuelle chez les enfants de 4 ans souligne nettement les différences de stratégies oculaires utilisées lors de l'application de deux consignes différentes. Lorsque la consigne se focalise sur la mémorisation des dessins présentés, les fixations oculaires sont centrées sur les figures proprement dites alors que, lorsque la consigne porte sur la mémorisation de la localisation de ces mêmes figures, les fixations se trouvent en majorité à la frontière entre deux cases contenant ces dessins. Ainsi non seulement la nature des mouvements oculaires varie mais également leur succession temporelle en fonction de l'objectif donné.

Chez l'enfant, la maturation des systèmes moteurs associés (le contrôle des saccades oculaires, l'accommodation, la réponse pupillaire, etc...) conditionne la qualité de l'information utile nécessaire aux traitements ultérieurs.

3.1. Les saccades oculaires dans le comportement de détection visuelle

Une des fonctions du système oculomoteur est d'amener, grâce aux saccades oculaires, une cible détectée en périphérie sur la rétine fovéale. Ainsi, le comportement de détection d'une cible en périphérie est un comportement en étroite relation non seulement avec la réaction d'orientation ou le réflexe de fixation, mais aussi avec l'acuité visuelle.

Les paramètres du comportement oculaire chez l'adulte restent encore des interrogations du point de vue du développement. En effet, chez un adulte, une cible détectée dans le champ visuel droit, par exemple, va déclencher nécessairement une saccade oculaire vers la droite. Or connaissant les propriétés optiques de l'oeil, un objet situé en périphérie dans le champ visuel droit sera décomposé par les deux hémirétines, nasal pour l'oeil droit et temporal pour l'oeil gauche. On peut penser que le système immature de l'enfant est confronté au problème de relier la localisation de la stimulation à la réponse motrice appropriée. Aslin (1981) pense que l'expérience visuelle permet au système "d'apprendre" quelles sont les commandes motrices les plus adaptées pour permettre la fovéation sur des stimulus apparaissant dans le champ visuel et que la liaison sensori-motrice entre la stimulation de l'hémichamp visuel et la directionnalité des saccades serait, en revanche, un processus inné.

Les données expérimentales sur le comportement de détection ont été étudiées par de nombreux auteurs. En accord avec les données sur l'étendue du champ visuel (citées ci-dessus), la détection d'un stimulus placé en périphérie n'est possible chez le nourrisson que si la position de ce stimulus dans le champ visuel n'est pas trop excentrée par rapport au plan sagittal, médian du sujet. Tronick (1972) montre que

des nourrissons de 2 à 6 semaines détectent des stimulus placés entre 10 et 20 degrés par rapport au point de fixation central. Plus tard, entre 6 et 10 semaines, les nourrissons réussissent à détecter le même stimulus placé à 40 degrés. Pour expliquer l'accroissement de ces performances au cours du développement, Tronick fait appel à la notion de "effective visual field" qui, entre 2 à 20 semaines, augmenterait de 15 à 40 degrés. Cette interprétation s'accorde avec les résultats de Mohn et al. (1986) montrant que l'extension du champ visuel croît avec l'âge mais qu'il existe une période de stabilisation voir même de régression vers 1 mois d'âge post-natal. La probabilité de détecter une cible placée en périphérie augmente avec l'âge.

Cette détection d'une cible en périphérie est meilleure lorsque le stimulus (ou capteur d'attention) disparaît à l'apparition de la diode périphérique (Harris et Mc Farlane, 1974; Aslin et Salapatek, 1975; Mac Farlane, Harris et Barnes, 1976). Lorsque le stimulus central disparaît avant ou à l'apparition du stimulus périphérique, les résultats vont dans le sens d'une nette augmentation de la performance pour des enfants de 0 à 6 semaines (interprétés par les auteurs comme une augmentation de la taille du champ visuel). Ces auteurs retiennent comme indice de l'adaptation directionnelle du système saccadique, la direction de la première saccade. Ainsi, lorsque l'apparition du stimulus périphérique est concomitant à la disparition du stimulus central, le nouveau-né peut détecter un stimulus placé à 25 degrés d'excentricité et, cette détection peut atteindre 35° lorsqu'il s'agit d'un enfant de 7 semaines. Au contraire, lorsque le stimulus central reste présent, la taille du champ visuel est alors légèrement plus faible, en tout cas avant 7 semaines.)

De plus, dans ces situations de détection, il existe des réponses fonctionnelles différentes entre le champ visuel nasal et le champ temporal à l'âge de 1 mois : la détection d'un stimulus est meilleure si celui-ci est présenté dans le champ visuel temporal que dans le champ nasal (Lewis, Maurer, 1980; Maurer et al., 1986; Mohn et al., 1986; Fahle et Schmid, 1988). En effet, avec le champ visuel temporal, le nourrisson d'un mois est capable de détecter les lignes de 1.5 degrés de largeur à 30 degrés d'excentricité, mais ne peut détecter des lignes de 12.8 degrés à 20 degrés d'excentricité (Lewis, Maurer et Blackurn, 1985). Ces données sont en accord avec celles sur l'acuité visuelle.

Pour des enfants de 2 mois, les résultats s'inversent et sont équivalents à ceux observés chez les adultes : la détection est meilleure pour des stimulus présentés dans le champ nasal : l'enfant est capable de détecter des lignes de 0.75 degré de largeur pour une excentricité de 20 degrés dans le champ nasal (Lewis et al., 1985). Cette amélioration constatée entre 1 et 2 mois, en ce qui concerne la détection en champ nasal, s'explique pour ces auteurs par la maturation des voies visuelles, en particulier la voie géniculo-corticale qui sous-tend d'importants changements ana-

tomiques et physiologiques durant cette période du développement. En effet, comme nous l'avons déjà souligné, les projections du corps genouillé latéral au cortex visuel se myélinisent entre le premier et le deuxième mois, et les potentiels évoqués associés mesurent d'importantes modifications durant cette même période.

De façon équivalente, d'autres auteurs ont montré l'influence du mouvement, de la luminance, de la taille, sur la précision de l'étendue du champ visuel. Par exemple, le mouvement du stimulus périphérique, alors que le point central de fixation reste stationnaire, accroît la taille du champ visuel (Tronick, 1972) et par conséquent la possibilité d'une détection.

Plus récemment, certains auteurs (Regal, Ashmead et Salapatek, 1983) se sont attachés à définir les paramètres des saccades, en référence à ceux chez l'adulte. Leurs fréquences d'apparition augmentent avec l'excentricité et diminuent avec l'âge : à 3 mois pour une excentricité de 10°, les saccades multiples occupent 33 % du temps et pour une excentricité de 40°, elles sont effectuées pendant 75 % du temps. Les temps de latence des premières saccades (lors de présentation de cibles en périphérie) augmentent avec l'excentricité. Les latences se situent à l'âge de 1 mois vers 580 ms pour une excentricité de 10° et vers 900 ms pour 30° d'excentricité. Ces valeurs de latence diminuent avec l'âge. De plus, la durée des saccades augmente linéairement avec l'amplitude.

3. 2. Les fixations dans l'exploration visuelle

Des différences qualitatives en ce qui concerne le processus de recherche visuelle ont été soulignées par de nombreux auteurs. Salapatek (1975) montre qu'en présence d'un stimulus complexe, à 2 dimensions, les enfants de 1 mois se focalisent essentiellement sur les contours, alors qu'à 2 mois la majorité des fixations se situent au niveau des caractéristiques internes.

En accord avec ces données, Bronson (1990) étudie les changements qualitatifs dans l'exploration visuelle (scanning) et montre qu'il existe deux principaux comportements : la recherche visuelle dirigée par les contours ("contour directed") ou de façon aléatoire ("unguided"). Dans le premier cas, il s'agit d'une succession de saccades effectuées autour de l'objet fixe, ou en suivant le mouvement de l'objet, avec une approximation de l'ordre de 3 degrés. Ces deux types de comportements peuvent exister en parallèle chez un même enfant, mais de façon générale l'adoption de l'un ou de l'autre varie en fonction de l'âge.

Certaines caractéristiques de ces saccades ont été analysées lors de ce comportement de recherche visuelle. La saccade initiale s'effectue systématiquement en

direction de la cible (présentée en périphérie) mais cette initialisation est beaucoup plus lente chez les nourrissons (supérieure à 1 seconde pour des enfants de 1 mois, et inférieure à 1 seconde pour 2 mois) que chez les adultes (250 ms).

En ce qui concerne la précision des fixations, elle serait tout à fait rudimentaire chez l'enfant âgé de quelques semaines (6 semaines, d'après Haith, 1980). Elle reste inchangée entre 3,5 et 8 semaines d'après les travaux de Bronson (1990). Aslin (1985), en étudiant les problèmes liés aux techniques d'enregistrement oculographiques (électro-oculographie, reflet cornéen...) indique que les enfants peuvent fixer une cible, non pas de manière fovéale, mais avec le région parafovéale. En effet, la ligne du regard (axe visuel) ne correspond pas toujours à celle de la fovéa (axe optique). Ainsi Aslin (1985) pense que le système visuel de l'enfant est incapable de fixer précisément une cible et que le système neuromusculaire est incapable de contrôler précisément la position des yeux. La durée moyenne des fixations est de l'ordre de 0,5 secondes et reste constante entre 1 et 5 mois. Pourtant, pour chaque tranche d'âge, Bronson (1990) trouve que 15 % à 20 % des enfants ont des fixations de l'ordre de la seconde.

3. 3. Les saccades dans le comportement de poursuite visuelle

La poursuite visuelle chez le nouveau-né est toujours considérée, par les neuropédiatres, comme un des indices permettant d'attester l'intégrité du système nerveux (Vurpillot, 1972). La première description quantitative fut donnée par Mc Ginnis, en 1930, avec un réseau de fréquences spatiales effectuant un mouvement latéral dans le champ visuel du bébé. Cette observation globale semblait souligner, au moins jusqu'à 6 semaines d'âge post-natal, l'existence d'une poursuite visuelle dont la nature était saccadique. En 1964, Dayton, Jones, Steele et Rose ainsi que Dayton, Jones, Aiu, Rowson, Steele et Rose, en utilisant comme stimulus un objet noir sur fond blanc traversant le champ visuel avec une vitesse de 16°/sec, confirment l'existence d'une poursuite chez des nouveau-nés d'âge moyen 2,5 jours et constatent également le caractère saccadique jusqu'à la fin du 2ème mois.

Plus récemment, de nombreux auteurs (Aslin et Salapatek, 1975; Aslin, 1981; Regal, Ashmead et Salapatek, 1983; Roucoux, Culee et Roucoux, 1983), dans des situations de poursuite remarquent également une prédominance de saccades (multiples) chez le nourrisson. D'après ces auteurs, la poursuite douce ne serait visible que plus tard, à partir de la 8ème semaine et ceci pour des conditions favorables de présentation.

Pourtant l'existence furtive d'une poursuite visuelle lisse chez le nouveau-né de quelques jours a été soulignée par Kremenitzer, Vaughan, Kurtzberg et Dowling dès

1979. Durant 15% du temps, de brefs segments de poursuite douce apparaissent chez des nouveau-nés de 1 à 3 jours, à condition que la vitesse du stimulus soit relativement lente, c'est-à-dire de l'ordre de 15 degrés par seconde. Cette proportion est optimale pour des vitesses de cible entre 9 deg/sec et 14 deg/sec, et diminue pour des vitesses supérieures. Kremenitzer et al. concluent, pourtant, que les mécanismes contrôlant la poursuite visuelle ne sont pas fonctionnels à la naissance ou en d'autres termes, que la relative pauvreté de la poursuite visuelle non saccadique des nouveau-nés serait la conséquence de l'immaturité fovéale; ce que confirment les divers résultats postulant que la poursuite visuelle est presque exclusivement saccadique pendant les deux premiers mois de la vie. Plus tard, Roucoux Culee et Roucoux (1982), en utilisant des vitesses de présentation semblables (11 degrés par seconde) montrent clairement, chez des bébés de 5 semaines, l'existence d'une poursuite lente pendant 100 % du temps durant lequel les bébés font attention à la cible. En revanche, dès que la vitesse de déplacement augmente, la poursuite devient saccadique. Ces auteurs concluent par une distinction phylogénétique : le nouveau-né possède dès la naissance, des mécanismes d'orientation du regard de type "fovés", mais que ces mécanismes s'avèrent inadéquats lorsque les vitesses de présentation de stimuli sont trop rapides; dans ces conditions extrêmes, des mécanismes "afovés" apparaissent. Plus tard dans le développement, à 10-12 mois, la poursuite douce se réalise pour n'importe quelles conditions de présentations (Aslin, 1981).

Très récemment et dans le sens des données de Roucoux et al. (1983) et Bloch et Carchon, (1992)., Charlier, Buquet, Desmidt et Querleu (1993) montrent que 40% des nouveau-nés effectuent de la poursuite douce avec une vitesse de déplacement du stimulus de 8 deg/sec. Leurs résultats peuvent s'expliquer par l'application d'une technique nouvelle de photo-oculographie (explicitée ci-dessus) qui consiste à mesurer les déplacements d'une source lumineuse réfléchi sur la cornée (reflet cornéen) et de localiser l'image de la pupille afin de connaître précisément la position du regard.

3. Conclusion sur l'état du système visuel à la naissance d'un point de vue maturationnel et comportemental.

Les données de la physiologie, en particulier le fait que la rétine périphérique semble à la naissance plus mature que la rétine fovéale, et les données concernant le fonctionnement oculo-moteur du nouveau-né, telles que la nature saccadique de la poursuite oculaire laisse supposer l'existence de deux systèmes visuels distincts intervenant dans le comportement visuel du nourrisson (Bronson, 1974; Salapatek,

1975; Johnson 1990; 1991) : le système sous-cortical passant par le colliculus supérieur et le système visuel primaire cortical. Le système sous-cortical, ancien d'un point de vue phylogénétique, et qui passe par le colliculus supérieur serait responsable de l'aspect saccadique de la poursuite visuelle. Cette voie rétino-colliculaire reçoit des informations principalement de la rétine périphérique et ne nécessite aucun degré maturationnel de la fovéa. Elle intervient dans la capture automatique des stimuli c'est-à-dire qu'elle permet l'orientation du regard vers un stimulus situé en périphérie. C'est donc un système localisateur qui interagit avec le système visuel primaire dans le contrôle du mouvement des yeux. Le système visuel primaire cortical, fonctionnel plus tardivement (2-3 mois) dans lequel l'information rétinienne circule par le corps genouillé latéral pour atteindre le cortex visuel primaire (V1) reçoit principalement des données de la région fovéale de la rétine. C'est donc un système de traitement de l'information, de codage, d'analyse et de reconnaissance des stimulus complexes. Il intervient également dans le contrôle volontaire des mouvements des yeux et rendrait également compte de la capacité de poursuite douce.

Toutes ces données montrent clairement que l'activité visuelle se modifie considérablement au tout début de la vie. C'est sur ces bases visuelles que prendront naissance les actions coordonnées du bébé que l'on nomme les coordinations sensori-motrices. En effet, de nombreux auteurs s'accordent en disant que le développement de l'activité visuelle joue un rôle primordial dans la connaissance et la maîtrise de l'environnement.

I. Carchon
Unité Cognition & Communication
Laboratoire de Psycho-Biologie du Développement
Université Paris 5 - EPHE - CNRS

BIBLIOGRAPHIE

- Aslin, R.N. (1977). Development of binocular fixation in human infants. *Journal of Experimental Child Psychology*, **23**, 133-150.
- Aslin, R.N. (1981). The development of smooth pursuit in human infants. In D.F. Fischer, R.A. Monty, & J.W. Senders (Eds.). *Eye movements: Cognition and visual perception*, Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Aslin, R.N. (1985). Oculomotor measures of visual development. In G. Gottlieb & N. Krasnegor (Eds.). *Measurement of audition and vision during the first year of postnatal life: a methodological overview*. Norwood, NJ: Ablex.
- Aslin, R.N. et Salapatek, P. (1975). Saccadic localization of visual targets by very young human infant. *Perception and Psychophysics*, **17**, 3, 293-302.

- Atkinson, J. (1984). How does infant vision change in the first months of life. In H.F.R. Prechtl (Ed.). *Continuity of Neural Functions From Prenatal to Postnatal Life*. Oxford : Blackwell Scientific Publications.
- Atkinson, J. et Braddick, O. (1976). Stereoscopic discrimination in infants. *Perception*, **5**, 29-38.
- Atkinson, J. et Braddick, O. (1989). Development of basic visual functions. In A. Slater & G. Bremner (Eds.). *Infant development*, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Banks, M.S. (1980). The development of visual accommodation during early infancy. *Child Development*, **51**, 646-666.
- Banks, M.S. et Bennett, P.J. (1988). Optical and photoreceptor immaturities limit the spatial and chromatic vision of human neonates. *Journal of the Optical Society of America*, **5**, 2059-2079.
- Banks, M.S. et Salapatek, P. (1983). Infant visual perception. In P. H. Mussen (Ed.), *Handbook of child psychology : Vol. II, Infancy and Developmental Psychobiology*, In M.M. Haith et J.J. Campos (Eds.) New York: Wiley.
- Bloch, H. et Carchon, I. (1992). On the onset of eye-head coordination in infants. *Behavior Brain Research*, **49**, 85-90.
- Bongrand, M., Gay-Meret, C., Grochowicki, M. et Vital-Durand, F. (1983). L'utilisation de la technique du regard préférentiel dans l'appréciation de l'acuité visuelle du nourrisson. *Transact. Fifth International Orthoptic. Congress. Ravault A., Lenk M. (Eds) Cannes*. 39-45.
- Braddick, O. et Atkinson, J. (1983). The development of binocular function in infancy. *Acta Ophthalmologica*, **157**, 25-35.
- Bronson, G.W. (1974). The postnatal growth of visual capacity. *Child Development*, **45**, 873-890.
- Bronson, G. W. (1990). Changes in infants' visual scanning across the 2- to 14-week age period. *Journal of Experimental Child Psychology*, **49**, 101-125.
- Buquet, C., Desmidt C., Charlier J. et Querleu D. (1992). Evaluation des capacités de discrimination spatiale des enfants nouveau-nés par la poursuite visuelle de tests structurés. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences. Paris*, t. 314, Série III, 133-140.
- Charlier, J., Buquet, C., Desmidt, A. et Querleu, D. (1993). Application de la technique photo-oculographique à l'étude de la poursuite visuelle au cours des premiers mois de la vie. *Bulletin de la Société d'Ophthalmologie*, **XCIII**, **11**, 973-978.
- Dayton, G.O., Jones, M.H., Aiu, P., Rowson, R.A., Steele, B. et Rose, M. (1964). Developmental study of coordinated eye movements in the human infant. I: Visual acuity in the newborn human: an study based on induced optokinetic nystagmus recorded by electrooculography. *Archives of Ophthalmology*, **71**, 865-870.
- Dobson, V. et Teller, D.Y. (1978). Visual acuity in human infants : a review and comparison of behavioral and electrophysiological studies. *Vision Research*, **18**, 1469-1483.
- Duke-Elder, S et Cook, C. (1963). *System of ophthalmology. Vol.3. Normal and abnormal development. Part1. Embryology*, London: Henri Kimpton.

- Fahle, M. et Schmid, M. (1988). Naso-temporal asymmetry of visual perception and the visual cortex. *Vision Research*, 28, 293-300.
- Fantz, R.L., Ordy, J.M. et Udelf, M.S. (1962). Maturation of pattern vision in infants during the first six months. *Journal of Comparative Physiological Psychology*, 55, 907-917.
- Fonarev, A. (1966). Development of visual motor reactions in children. Actes du XVIII congrès de Psychologie, 86-89.
- Haith, M. M. (1980). *Rules that babies look by*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Harris, P. et Mac Farlane, A. (1974). The growth of the effective visual field from birth to seven weeks. *Journal of Experimental Child Psychology*, 18, 340-348.
- Haynes, H., White, B.L. et Held, R. (1965). Visual accommodation in human infants. *Science*, 148, 528-530.
- Johnson, M.H. (1990). Cortical maturation and perceptual development. In H. Bloch & B. Bertenthal (Eds), *Sensory motor Organisation and development in infancy and early childhood*. Dordrecht: Kluwer Academic Press.
- Johnson, M.H. (1991). Cortical maturation and the development of visual attention in early infancy. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2, 2, 81-95.
- Kremenitzer, J.P., Vaughan, H.G., Kurtzberg, D. et Dowling, K. (1979). Smooth-pursuit eye movements in the newborn infant. *Child Development*, 50, 442-448.
- Larmande, P. et Larmande, A. (1989). *Neuro-ophtalmologie*. Paris: Collection Abrégés, Masson.
- Lewis, T.L., Maurer, D. et Blackburn K. (1985). The development of young infants' ability to detect stimuli in the nasal visual field, *Vision Research*, 25, 943-950.
- Lewis, T.L. et Maurer, D. (1980). Central Vision in the newborn. *Journal of Experimental Child Psychology*, 26, 475-480.
- Mac Farlane, A., Harris, P. et Barnes, I. (1976). Central and peripheral vision in early infancy. *Journal of Experimental Child Psychology*, 21, 532-538.
- Mac Ginnis, J. M. (1930). Eye movements and optic nystagmus in early infancy. *Genetic Psychology Monographs*, 8, 321-430.
- Maurer, D., Clarke, A.L. et Lewis, T.L., (1986). The development of peripheral detection during infancy. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 27, 264-271.
- Mohn, G. et van Hof-van Duin, J. (1986). Development of binocular and monocular visual fields of human infants during the first year of life. *Clinical Vision Science*, 1, 51-64
- Piaget, J. et Vinh-Bang, (1961). L'enregistrement des mouvements oculaires en jeu chez l'adulte dans la comparaison verticales, horizontales ou obliques et dans la perception de la figure en équerre. Extrait des *Archives de Psychologie*, XXXVIII, 150, 89-141.
- Regal, D.M., Ashmead, D.H. et Salapatek, P. (1983). The coordination of eye and head movements during early infancy: a selective review. *Behavioural Brain Research*, 10, 125-132.

- Roucoux, A., Culee, C. et Roucoux, M. (1983). Development of fixation and pursuit eye movements in human infants. *Behavioural Brain Research*, 10, 133-139.
- Roucoux, A., Culee, C. et Roucoux, M. (1982). Gaze fixation and pursuit in head free human infants. In A. Roucoux et M. Crommelinck (Eds.). *Physiological and Pathological Aspects of Eye Movements*, The Hague, Boston, London: W. Junk Publishers.
- Salapatek, P. (1975). Pattern perception in early infancy. In L.B. Cohen & P. Salapatek (Eds.). *Infant perception: From sensation to cognition. Basic Visual processes*, Vol. 1., New York Academic Press.
- Schwartz, T. L., Dobson, V., Sandstrom, D.J., et van Hof-van Duin; J. (1987). Kinetic perimetry assessment of binocular visual field shape and size in young infants. *Vision Research*, 27, 2163-2175.
- Sireteanu, R., Kellerer, R. et Boergen, K.P. (1984). The development of peripheral visual acuity in human infants: a preliminary study. *Human Neurobiology*, 3, 81-85.
- Teller, D.Y. (1979). The forced-choice preferential looking procedure: a psychological technique for use with human infants. *Infant Behavior and Development*, 2, 135-153.
- Teller, D.Y. (1981). The development of visual acuity in human and monkey infants, *Trends of Neurosciences*, 21-23.
- Teller, D.Y. (1985). Psychophysics of infant vision: definitions and limitations. In G. Gottlieb & N.A. Krasnegor (Eds.) *Measurement of audition and vision in the first year of life*, Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Tronick, E. (1972). Stimulus control and the growth of the infant's effective visual field. *Perception and Psychophysics*, 11, 5, 373-376.
- Vurpillot, E. (1972). *Les perceptions visuelles du nourrisson*, Paris, Presses Universitaires de France.

