

Évaluation des capacités de discrimination spatiale des enfants nouveau-nés par la poursuite visuelle de stimulus structurés

Cathy BUQUET, Angélique DESMIDT, Jacques CHARLIER et Denis QUERLEU

Résumé – Les mouvements de poursuite visuelle d'une cible stimulant spécifiquement les fonctions de discrimination spatiale ont été enregistrés sur des enfants nouveau-nés à l'aide de la technique photo-oculographique. 72,5% des 51 sujets dont les mouvements oculaires ont pu être enregistrés ont présenté une poursuite au moins partielle pour des stimulus de fréquence spatiale atteignant 0,4 cycles par degré. Les estimations de l'acuité visuelle réseau obtenues sont du même ordre de grandeur que celles fournies par la méthode du regard préférentiel.

Evaluation of spatial discrimination performances of human newborn infants with the visual pursuit of pattern stimuli

Abstract – Pursuit eye movements have been recorded with the photo-oculographic technique from newborn infants during the presentation of stimulations specific for spatial discrimination functions. 72.5 per cent of 51 subjects whose eye movements have been recorded have successfully followed stimuli of spatial frequency up to 0.4 cycles per degree. Estimations of grating visual acuity are similar to those provided by the preferential looking technique.

Abridged English Version – INTRODUCTION. – Several types of oculomotor response have been observed at birth and have been used to evaluate the visual capacities in the human newborn: gaze orientation during the presentation of a stimulus [1], visual pursuit of a moving stimulus [2], and optokinetic nystagmus [3]. Each of these responses has been used to study the spatial discrimination capacity of the newborn. Studies based upon gaze orientation ([4]-[9]) or optokinetic nystagmus [10] have used grating stimuli and uniform grey background of equal luminance. These stimuli are specific for spatial discrimination function and are independent from luminance and colour contrast effects. However, visual pursuit has never been studied with such a stimulation. In this Note, we present results obtained from 71 newborns by recording pursuit eye movements with a near infrared technique during the displacement of a stimulus specific for spatial discrimination function.

INSTRUMENTATION. – *Visual stimulation.* – Stimulations were generated on a cathode ray tube placed 30 cm away from the baby. The stimulus was a square wave grating requiring 9.4 degrees of visual angle upon a uniform grey surface of equal mean luminance. The grating moved along a horizontal axis at a constant velocity of 7 degrees per second. The mean luminance was 5 cd/m² and the contrast 95%. Four different spatial frequencies have been used (*Fig. 1*) ranging from 0.1 to 0.8 cycles per degree (cpd).

Eye movement recordings. – Eye movements were recorded with the photo-oculographic technique ([22]-[23]) which is based on the measurement of the relative position of the reflected image of an infrared source on the cornea and the pupil centre. The advantages of this technique for the examination of infants are numerous: measurements are independent from the head movements. They are absolute and precise in all gaze directions.

The photo-oculograph includes a solid-state camera mounted on a rotating turret above the head of the baby. A hot mirror is positioned at the centre of the cathode ray tube to obtain by reflection the image of the baby's eye (*Fig. 2*).

Note présentée par Pierre BUSER.

Experimentation. — 71 full-term infants have been examined at the obstetric clinic of Roubaix. All subjects were between 1 and 9 days old. They were selected in alert inactive state characterized by open eyes and little body movement.

A 0.2 cpd spatial frequency grating was first presented. If the initial grating produced a pursuit response and if the infant was still cooperative, the spatial frequency of the test was increased. If not, the spatial frequency was decreased.

RESULTS. — A recording of eye movements was obtained successfully in 51 (72%) subjects. Results obtained for each spatial frequency are shown in Table II. The test is interpreted as followed if a visual pursuit was elicited during at least one crossing of the stimulator screen. The criterion of visual pursuit was based upon the correlation between the horizontal and vertical positions and velocities of the eye movements and the displacement of the stimulus.

DISCUSSION. — A visual pursuit of at least one test was obtained in 37 out of 51 subjects (72.5%). Grating acuity was estimated as the highest spatial frequency which yielded a visual pursuit. The results were 0.8 cpd for one subject (2%), 0.4 cpd for 9 subjects (17.6%), 0.2 cpd for 18 subjects (35.3%) and 0.1 cpd for 9 subjects (17.6%). Considering the number of infants submitted at each test, the results were 0.8 cpd for 33.3% subjects, better than 0.4 cpd for 76.9%, better than 0.2 cpd for 55.0%, and better than 0.1 cpd for 51.8%. They were similar to those obtained with the preferential looking technique and were one octave lower than those obtained with the optokinetic nystagmus (Table III).

CONCLUSION. — Visual pursuit of a stimulation specific for spatial discrimination functions is present at birth. Estimations of the grating acuity by recording visual pursuit are similar to those assessed through preferential looking. This method allows a rapid and objective measurement.

INTRODUCTION. — Les mouvements oculaires constituent l'une des principales modalités de réponse utilisables pour l'évaluation des capacités visuelles du nouveau-né. Plusieurs types de réponses oculomotrices ont été observés dès la naissance : l'orientation des fixations du regard lors de la présentation d'une stimulation [1], la poursuite visuelle d'une cible en mouvement [2] et le nystagmus optocinétique qui consiste en une suite de mouvements alternativement lents et saccadés induits par le déplacement d'une succession d'objets dans le champ visuel [3].

Chacune de ces modalités de réponse a fait l'objet de travaux visant à évaluer les capacités de discrimination spatiale du nouveau-né. Les études basées sur l'orientation du regard ([4]-[9]) ou sur le nystagmus optocinétique [10] ont utilisé des réseaux de barres équilumineux par rapport au fond, stimulant spécifiquement les fonctions de discrimination spatiale indépendamment des fonctions de discrimination colorée ou lumineuse. Par contre, les études basées sur la poursuite visuelle ([11]-[17]) ont été réalisées en réduisant la taille des stimulations tels que des cubes colorés, des boules de laine rouge, des cercles noirs sur fond blanc ou des têtes schématisées, une approche ne permettant pas de s'affranchir des effets de contraste lumineux ou coloré. Dans cette Note, nous rapportons les résultats de poursuite visuelle obtenus sur 71 nouveau-nés en utilisant une stimulation spécifique de la discrimination spatiale proposée et validée par Millodot chez des sujets adultes ([18]-[19]).

INSTRUMENTATION ET MÉTHODES. — Stimulation visuelle. — Les stimulations visuelles sont présentées sur un écran cathodique piloté par un micro-ordinateur qui contrôle la luminance, le contraste, la fréquence spatiale et la vitesse de déplacement du stimulus. Cet écran est placé à 30 cm des yeux du bébé. A cette distance, l'écran dont les dimensions sont de 40 cm horizontalement et 30 cm verticalement couvre un champ de 67 par 53 degrés. Le stimulus visuel est un réseau carré de barres verticales alternativement noires et blanches de largeur de 5 cm vu sous un angle de 9,4 degrés. Sa luminance moyenne étant identique à celle du fond, celui-ci stimule sélectivement la fonction de résolution spatiale. Quatre stimulations sont utilisées, correspondant à différentes largeurs de bandes verticales (fig. 1). Les caractéristiques spatiales des différentes cibles sont indiquées dans le tableau I : la résolution spatiale correspond à l'angle sous lequel l'œil voit une barre exprimé en minutes d'arc. La fréquence spatiale correspond au nombre de cycles par degré (cpd), un cycle correspondant à la largeur d'une paire de barres noire et blanche. La cible se déplace horizontalement à une vitesse constante de 7 degrés par seconde sur une plage de 32 cm (47 degrés). La luminance moyenne était voisine de 5 cd/m² (photopique bas) et le contraste de 95 %.

Enregistrement des mouvements oculaires. — Lors d'un travail antérieur, nous avons enregistré les réponses oculomotrices à l'aide de l'électro-oculographie ([20]-[21]). Cette technique a été validée sur des enfants d'âge compris entre deux mois et quatre ans [22]. Cependant, elle n'a pas fourni de résultats satisfaisants sur des enfants nouveau-nés [23]. En effet, elle est mal adaptée à l'enregistrement des mouvements lents en raison des dérives des potentiels d'électrodes — et la stimulation doit être plus lente chez les nouveau-nés que chez les enfants plus âgés. Par ailleurs, elle ne permet pas de dissocier les réponses oculomotrices des réponses céphalomotrices car les mouvements oculaires sont mesurés par rapport à la tête du sujet. Or la poursuite visuelle est assurée chez le tout petit par une rotation de l'œil seule puis conjointement par des mouvements de la tête ([10], [24], [25]).

Dans cette étude, nous avons utilisé la technique photo-oculographique différentielle mise au point dans notre laboratoire ([26]-[27]). Cette technique est basée sur la mesure du déplacement relatif de l'image d'une source lumineuse réfléchi sur la cornée et de l'image de la pupille. Elle présente plusieurs avantages : les mesures sont indépendantes des mouvements de tête ; elles sont absolues et de précision identique dans toutes les directions du regard ; l'installation du sujet est extrêmement rapide et ne nécessite aucun contact. Le système optique comprend un dispositif d'éclairage de l'œil dans le proche infrarouge (880 nm) et une caméra à transfert de charge sensible dans le proche infrarouge. Ce système optique a du être adapté spécifiquement pour l'enregistrement des bébés : la caméra, placée au dessus de la tête afin de libérer le champ de vision (fig. 2) est montée sur une tourelle motorisée suivant deux axes pilotée à distance à l'aide d'un manche de commande qui permet de centrer le champ de la caméra (20 mm) sur l'œil de l'enfant. Un miroir « chaud » réfléchissant le proche infrarouge et transmettant le visible est fixé sur l'écran cathodique de stimulation pour obtenir par réflexion l'image de l'œil du bébé.

L'image fournie par la caméra est analysée de façon entièrement automatique [28] afin d'extraire la position relative de l'image de la pupille et de celle du reflet cornéen. La fréquence d'échantillonnage est de 30 images par seconde et la précision de mesure, évaluée chez l'adulte est meilleure que 1 degré. Les résultats sont stockés sur disquette magnétique pour permettre une exploitation ultérieure.

Sélection des sujets et prise en charge. — 71 bébés nés à terme et âgés de 1 à 9 jours ont été éprouvés à la clinique obstétrique de Roubaix. Les enfants examinés étaient en état de veille calme (état III de l'échelle de Prechtl) qui correspond au tableau comportemental suivant : yeux ouverts, absence de grands mouvements, respiration régulière ([29]-[30]). Les enfants étaient allongés sur un siège inclinable recouvert de mousse semi-dure. Afin de permettre une relative immobilisation de la tête et d'éviter que cette dernière ne tombe sur le côté, un logement était aménagé au niveau de la tête.

Après une courte phase préparatoire de stimulations tactiles et vocales, la lumière de la pièce était éteinte puis le test de poursuite présenté sur l'écran cathodique de stimulation.

Les tests étaient réalisés en vision binoculaire et selon l'ordre de présentation suivant : d'abord la cible de 150 minutes d'arc (correspondant à 0,2 cpd), ensuite, selon la réponse du bébé et selon sa coopération, soit, en cas de poursuite, la cible de résolutions spatiales inférieures (77 puis 37 minutes d'arc), soit, en l'absence de poursuite, la cible de résolution spatiale supérieure (300 minutes d'arc) puis à nouveau les résolutions spatiales inférieures en cas de poursuite. Chaque épreuve a donné lieu à un enregistrement des mouvements oculaires pendant 20 s.

RÉSULTAT. — Sur les 71 bébés examinés, les mouvements oculaires ont pu être enregistrés chez 51 sujets (72 %). En moyenne 2,3 tests par bébé ont donné lieu à un enregistrement. Les causes d'échec sont dues soit à

TABLEAU I

Taille, résolution spatiale et fréquences spatiales des stimulus visuels.
Size, spatial resolution and spatial frequency of the visual stimulations.

Nombre de barres	Largeur d'une barre (mm)	Résolution spatiale (minute d'arc)	Fréquence spatiale (cpd)
2	25,0	300	0,1
4	12,5	150	0,2
8	6,25	75	0,4
16	3,125	36	0,8

TABLEAU II

Répartition des résultats en fonction des fréquences spatiales de la stimulation.

Distribution of results as a function of spatial frequency of the stimulus.

Fréquence spatiale	Nombre de sujets éprouvés	Nombre de sujets ayant suivi (% relatif au nombre de sujets éprouvés)	Nombre de sujets n'ayant pas suivi (% relatif au nombre de sujets éprouvés)	Sujets pour lesquels ce score est le meilleur (% relatif à la totalité des sujets)
0,8 cpd	3	1 (33,3 %)	2 (66,7 %)	1 (2,0 %)
0,4 cpd	13	10 (76,9 %)	3 (23,1 %)	9 (17,6 %)
0,2 cpd	51	28 (55,0 %)	23 (45,0 %)	18 (35,3 %)
0,1 cpd	29	15 (51,8 %)	14 (48,2 %)	9 (17,6 %)
Absence de suivi				14 (27,5 %)

l'endormissement lors de l'installation chez 7 sujets (10 %), soit à des pleurs ou à l'absence de coopération chez 4 sujets (6 %), soit à un traitement de l'image de l'œil défectueux chez 9 sujets (12 %). Les figures 3 à 5 représentent des exemples de suivi obtenus durant la présentation de stimulations de fréquence spatiale 0,2 cpd (fig. 3) et 0,4 cpd (fig. 4 et 5).

Dans le tableau II sont présentés les résultats obtenus pour chaque fréquence spatiale de stimulation. Le résultat de chaque épreuve de poursuite est interprété comme « suivi » s'il y a eu poursuite visuelle pendant au moins un aller ou un retour de la cible. Le critère de poursuite visuelle est basé sur la correspondance des positions et des vitesses horizontales et verticales des mouvements oculaires et de ceux de la cible. Lorsque la même stimulation a été présentée plusieurs fois chez le même enfant, seule la meilleure performance a été retenue.

DISCUSSION. — La technique photo-oculographique a permis d'obtenir l'enregistrement des mouvements oculaires sur 72 % des sujets nouveau-nés éprouvés. Les causes d'échec sont d'origine technique dans 12 % des cas et sont essentiellement dues au masquage de la pupille par la paupière inférieure ou à l'absence de détection de la pupille chez certains sujets fortement pigmentés (ce qui entraîne une diminution du contraste de l'image de l'œil).

Sur les 51 sujets chez lesquels les mouvements oculaires ont pu être enregistrés, 37 (72,5 %) ont présenté une réponse de poursuite visuelle pour au moins l'une des cibles présentées.

L'estimation des capacités de discrimination spatiale à partir de la résolution spatiale la plus élevée donnant lieu à une poursuite est de 0,8 cpd pour 1 sujet (2,0 %), 0,4 cpd pour 9 sujets (17,6 %), 0,2 cpd pour 18 sujets (35,3 %) et 0,1 cpd pour 9 sujets (17,6 %). A noter cependant que la faible durée des périodes d'attention des enfants n'a pas permis de présenter la totalité des stimulus à chacun d'entre eux. Ainsi, sur les 28 sujets ayant suivi la cible de 0,2 cpd (qui est la première cible présentée), seuls 13 ont été soumis au test de 0,4 cpd. De même, sur les 10 sujets ayant suivi 0,4 cpd, 3 ont réalisé le test de 0,8 cpd.

Si les résultats sont rapportés aux nombres de sujets ayant effectivement réussi chaque épreuve, les résultats obtenus sont de 0,8 cpd pour 33,3 % des sujets, >0,4 cpd pour 76,9 %, >0,2 cpd pour 55,0 %, >0,1 cpd pour 51,8 %.

Compte tenu de l'absence de stimulations de fréquence comprise entre 0,4 cpd et 0,8 cpd, ces résultats sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus par différents auteurs (tableau III) à l'aide de la méthode du regard préférentiel⁽¹⁾.

Par contre, les résultats obtenus sont inférieurs d'environ une octave à ceux obtenus avec le nystagmus optocinétique. Cette différence pourrait être due à des problèmes méthodologiques. En effet, les travaux portant sur le nystagmus optocinétique ont été

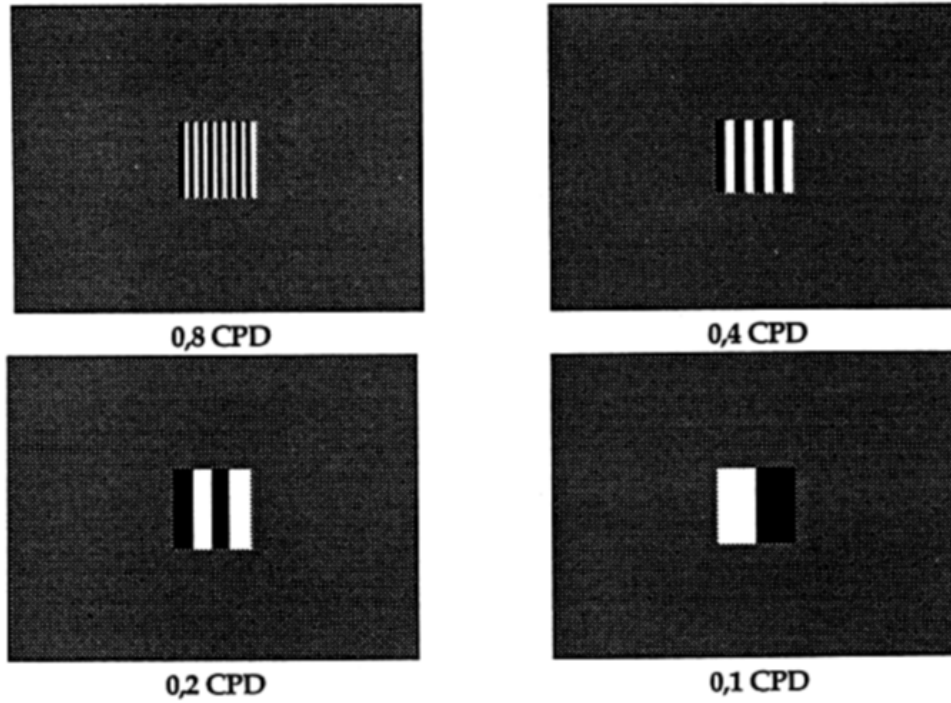


Fig. 1. - Différents stimulus visuels utilisés au cours de cette étude.
 Fig. 1. - Visual stimulations used during this study.

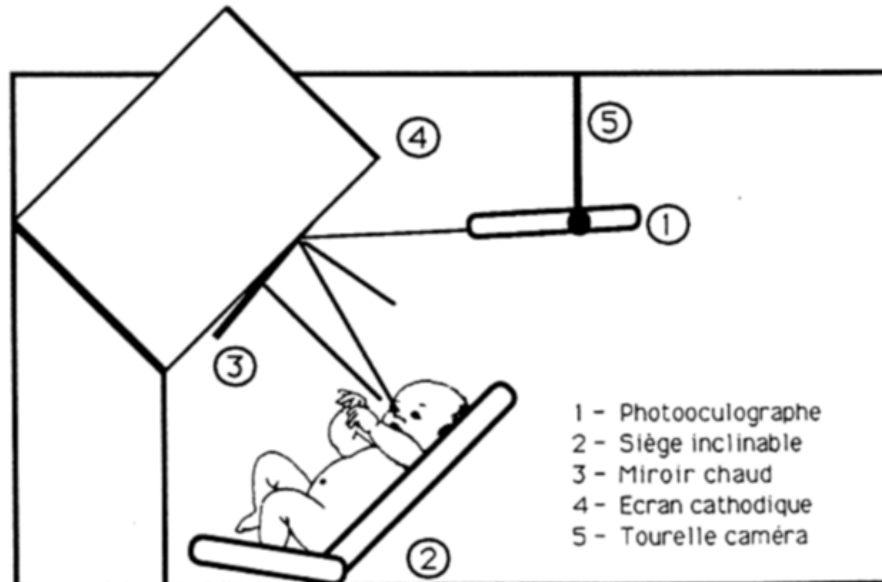


Fig. 2. - Montage optique (1. Photo-oculographe, 2. Siège inclinable du bébé, 3. miroir chaud, 4. écran cathodique de stimulation, 5. Tourelle motorisée portant la caméra).
 Fig. 2. - Optical set-up (1. Photo-oculograph, 2. baby's reclining seat, 3. hot mirror, 4- cathode ray tube stimulator, 5- motorized camera mount).

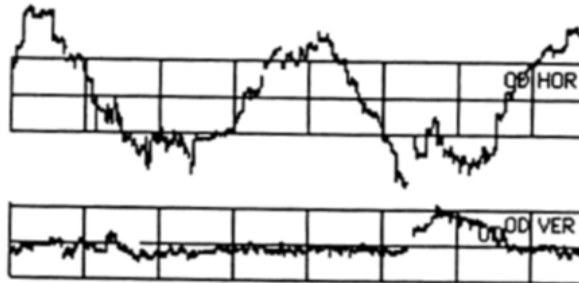


Fig. 3. — Enregistrement des mouvements oculaires sur un nouveau-né de 2 jours durant la présentation d'une cible de fréquence spatiale de 0,4 cpd. La voie supérieure correspond à la composante horizontale du mouvement, la voie inférieure à la composante verticale (échelle temporelle : 1 division = 5 000 ms).

Fig. 3. — Recording of eye movements from a 2-day-old infant during the presentation of a 0.4 cpd test. Upper trace: horizontal component. Lower trace: vertical component (time scale: 1 division = 5,000 ms).

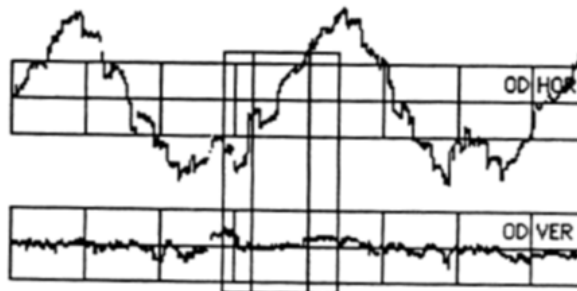


Fig. 4. — Enregistrement des mouvements oculaires sur un nouveau-né de 4 jours durant la présentation d'une cible de fréquence spatiale de 0,2 cpd (échelle temporelle : 1 division = 5 000 ms).

Fig. 4. — Recording of eye movements from a 4-day-old infant during the presentation of a 0.2 cpd test (time scale: 1 division = 5,000 ms).

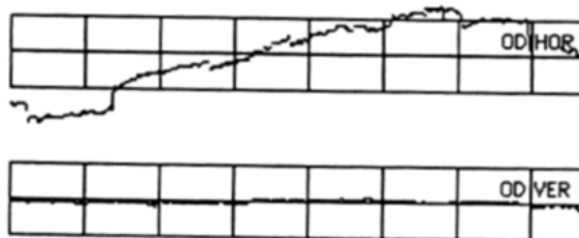


Fig. 5. — Même enregistrement que précédemment avec une échelle temporelle amplifiée par 5 (1 division = 1 000 ms). Noter les segments présentant une poursuite lisse entrecoupés de saccades de correction.

Fig. 5. — Same recording as before with a magnification of the time scale by 5 (1 division = 1,000 ms). Note periods of smooth pursuit interspersed with corrective jerks.

TABLEAU III

Acuité réseau obtenues sur les nouveau-nés (moins de 8 jours).
Grating acuity of newborn infants (less than 8 days).

Auteur	Technique	Nombre de sujets éprouvés et âge (exprimé en jours)	Acuité réseau en cycle par degré (cpd)
Gorman et coll. [3], 1957 . . .	Nystagmus optocinétique	100 < 5	1,0 cpd pour 80 % des sujets
Dayton et coll. [10], 1964 . . .	Nystagmus optocinétique	32 < 8	1,5 cpd pour 50 % des sujets
Fantz et coll. [4], 1962	Regard préférentiel	7 < 1	0,60 cpd
Miranda et coll. [5], 1970 . . .	Regard préférentiel	— < 3	0,45 cpd
Dubowitz et coll. [31], 1983 . .	Regard préférentiel	89 < 8	0,37 cpd pour 95 % des sujets
Brown et coll. [32], 1986 . . .	Regard préférentiel	21 < 8	0,63 cpd

réalisés avec des images imprimées pour lesquelles il est difficile d'éviter la présence de fréquences spatiales basses résultant d'une non uniformité des largeurs des barres de réseau. Une autre cause d'origine neurophysiologique serait que les circuits impliqués dans la genèse du nystagmus optocinétique sont différents de ceux impliqués dans la poursuite ou le regard préférentiel. En effet, des études anatomo-physiologiques réalisées chez l'animal [33] et chez l'humain ([34]-[35]) ont montré que l'origine du nystagmus optocinétique était essentiellement sous-corticale. Par contre, la poursuite et le regard préférentiel mettraient tous deux en jeu des mécanismes corticaux. Ceux-ci pourraient être de nature différente compte tenu de l'aspect statique de la stimulation dans le regard préférentiel et dynamique dans la poursuite visuelle.

CONCLUSION. — Nous avons montré la présence de mouvements de poursuite de stimulus structurés spécifiques des fonctions de discrimination spatiale chez l'enfant nouveau-né. Les estimations des capacités de discrimination spatiale obtenues avec cette technique sont du même ordre que celles obtenues avec la méthode du regard préférentiel. Cette nouvelle approche pourrait avoir des retombées cliniques importantes. Comparée au nystagmus optocinétique, elle met d'avantage en jeu des circuits corticaux. Comparée au regard préférentiel, elle fournit des réponses objectives grâce à l'enregistrement des mouvements oculaires et est donc beaucoup moins dépendante de l'expérimentateur. De plus, la stratégie d'examen est rapide, ce qui est essentiel compte tenu des capacités d'attention des enfants.

(¹) Rappelons que cette technique est une technique comportementale basée sur la propension du nouveau-né à préférer une stimulation structurée de type réseau à une stimulation uniforme équilumineuse. Son déroulement consiste à présenter plusieurs fois les deux types de stimulation simultanément et à comptabiliser l'orientation du regard de l'enfant sur chacune des cibles. Lorsque plus de 75 % de bonnes réponses est obtenu pour une résolution donnée, la résolution immédiatement inférieure est présentée. Quand l'enfant ne peut plus choisir ou que le score de bonnes réponses est voisin de 50 %, l'acuité est estimée par la valeur juste inférieure.

Cette étude a été financée partiellement par le contrat de Recherche Externe I.N.S.E.R.M.-C.N.A.M.T.S. 863 338E. Nous tenons à remercier Messieurs Guy Dhélin et Jean-Claude Lesage de l'unité 279 I.N.S.E.R.M. pour leur contribution technique à ce projet.

Note remise le 12 novembre 1991, acceptée le 2 décembre 1991.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] R. L. FANTZ, *Psychol. Rec.*, 4, 1958, p. 43-47.
- [2] W. C. BEASLEY, *Child. Develop.*, 4, 1933, p. 106-120.
- [3] J. J. GORMANN, D. G. COGAN et S. S. GELLIS, *Pediatrics*, 19, 1957, p. 1088-1092.

- [4] R. L. FANTZ, J. M. ORDY et M. S. URDELF, *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 55, 1962, p. 907-917.
- [5] S. B. MIRANDA, *J. Exp. Child Psychol.*, 10, 1970, p. 189-205.
- [6] D. Y. TELLER, *Inf. Behav. Develop.*, 2, 1979, p. 135-153.
- [7] J. ATKINSON et O. BRADDICK, *Acta Ophthalmol.*, 157, 1982, p. 18-26.
- [8] D. L. MAYER et V. DOBSON, *Vis. Res.*, 22, 1982, p. 1141-1151.
- [9] F. VITAL DURAND et J. ROUGIER, *Médecine et Hygiène*, 43, 1985, p. 2201-2205.
- [10] G. O. DAYTON, M. H. JONES, P. AIU, R. A. RAWSON, B. STEELE et M. ROSE, *Arch. ophthalmol.*, 71, 1964, p. 865-870.
- [11] C. A. BROWN, *Cerebral Palsy Bulletin*, 3, 1961, p. 364-372.
- [12] T. B. BRAZELTON, M. L. SCHOLL et J. S. ROBESY, *Pediatrics*, 37, 1966, p. 284-290.
- [13] S. BARTEN, B. BIRNS et J. RONCH, *Child Develop.*, 42, 1971, p. 313-319.
- [14] J. P. KREMENITZER, H. G. VAUGHAN, D. KURTBERG et K. DOWLING, *Child Develop.*, 50, 1979, p. 442-448.
- [15] R. N. ASLIN, in D. F. FISHER, R. A. MONTY et J. W. SENDERS, *Eye movements: cognition and visual perception 1981* Erlbaum Hillsdale N. J., p. 31-53.
- [16] A. ROUCOUX, C. CULEE et M. ROUCOUX, In *Physiological and Pathological aspects of Eye Movements* Junk, ed. 1982, p. 23-31.
- [17] H. BLOCH, *Enfance*, 1-2, 1983, p. 19-29.
- [18] M. MILLODOT et P. HARPER, *Am. J. Optom.*, 46, 1969, p. 938-945.
- [19] M. MILLODOT, D. MILLER et M. E. JERNIGHAN, *Arch. Ophthalmol.*, 90, 1973, p. 449-452.
- [20] D. D. NGUYEN, J. R. CHARLIER, J. C. HACHE, S. DEFOORT et Y. MOSCHETTO, *Innov. Tech. Biol. Méd.*, 3, 1985, p. 363-371.
- [21] J. R. CHARLIER, D. D. NGUYEN, J. P. HUGUEUX, D. QUERLEU, D. DEWAVRIN et J. C. HACHE, In *Advances in Diagnostic Visual Optics*, Florentini, Guyton, Siegel Editors, Springer Verlag, 1987, p. 176-180.
- [22] J. C. HACHE, S. DEFOORT, J. R. CHARLIER et D. D. NGUYEN, *Année Thér. Clin. Ophthalmol.*, 35, 1985, p. 203-210.
- [23] D. DEWAVRIN, *Thèse de doctorat*, Lille-II, 1987.
- [24] H. BLOCH, D. MELLIER et G. FUENMAJOR, *Infant Beh. Devel.*, 7, 1984.
- [25] P. WOLFF et B. L. WHITE, *J. of Child Devel.*, 4, 1965, p. 473-484.
- [26] J. R. CHARLIER et J. C. HACHE, *Med. Biol. Eng. Comp.*, 2, 1982, p. 23-28.
- [27] C. BUQUET, *Thèse de l'université de Lille-II*, 1989, p. 1-119.
- [28] J. R. CHARLIER, J. L. BARISEAU et V. PARIS, brevet France, N85.139.11.
- [29] P. W. WOLFF, *Psychom. Med.*, 1959, p. 110-118.
- [30] H. F. R. PRECHTL, *Brain Research*, 76, 1976, p. 185-212.
- [31] L. M. S. DUBOWITZ, J. MUSHIN, A. MORANTE et M. PLACZEK, *Beh. Brain Res.*, 10, 1983, p. 25-39.
- [32] A. M. BROWN et M. YAMAMOTO, *Am. J. Ophthalmol.*, 102, 1986, p. 245-253.
- [33] K. P. HOFFMAN, In G. LENNESTRAND, D. S. ZEE et E. KELLER éd., *Functional basis of ocular motility disorders*, Pergamon Press, 1982, p. 303-311.
- [34] J. W. G. TER BRAACK, V. W. D. SCHENK et A. G. M. VAN VLIET, *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatr.*, 34, 1971, p. 140-147.
- [35] J. VAN HOF-VAN DUIN et G. MOHN, *Behav. Brain Res.*, 10, 1983, p. 63-175.

C. B., A. D. et J. C. : Unité 279 I.N.S.E.R.M., 1, rue Calmette, 59019 Lille Cedex :

D. Q. : Clinique obstétrique universitaire, 91, avenue Julien-Lagache, 59200 Roubaix.