

SENSIBILITÉ AU CONTRASTE SPATIALE ET AGE

X. ZANLONGHI*, J. CHARLIER**, N. CHEVALIER*

Mots clés : Sensibilité au contraste, âge, acuité visuelle.

Key words : Contrast sensitivity, human aging, acuity.

RÉSUMÉ

Cette étude se propose de montrer l'influence de l'âge sur la sensibilité au contraste spatiale (réseaux sinusoïdaux) mesurée par la méthode psychophysique de pas à pas ascendant (Moniteur Ophtalmologique). La sensibilité au contraste spatiale a été mesurée pour 133 yeux ne présentant aucune pathologie ophtalmologique. L'âge va de 8 ans à 82 ans. Les résultats montrent que la sensibilité au contraste spatiale est moins bonne pour toutes les fréquences spatiales pour le groupe le plus jeune. Par contre pour les 3 fréquences spatiales les plus basses (0,7 - 1,4 - 2,7 cpd) il n'y a pas de modification pour toutes les tranches d'âge entre 13 et 82 ans. Seules les 3 fréquences spatiales les plus hautes (5,5 - 11 - 22 cpd) varient avec l'âge. Le maximum de sensibilité se situant dans la tranche d'âge 21-30 ans. Pour la tranche d'âge 13-20 ans et pour les tranches d'âge supérieures à 31 ans, la sensibilité au contraste spatiale est moins bonne pour les 3 plus hautes fréquences spatiales. Ces variations de la sensibilité au contraste spatiale imposent d'établir des normes qui sont désormais disponibles sur le Moniteur Ophtalmologique.

SUMMARY

We measured spatial contrast sensitivity (sinusoidal waves of VISION MONITOR) on a large population of children and adults (133 normal eyes), ranging in age from 8 to 80 years. At low spatial frequencies, sensitivity is the same for 13 to 80 years. At higher spatial frequencies, sensitivity decreased with age beginning around 30 to 40 years.

INTRODUCTION

L'acuité visuelle se définit comme la capacité de discriminer les détails fins d'un objet dans le champ visuel (BUSER 1987). L'acuité visuelle angulaire est mesurée par l'inverse de l'écart angulaire entre 2 points (ou détails d'un objet)

juste séparables (notion de "minimum séparable"). En pratique, elle est mesurée par l'intermédiaire d'optotypes noirs sur fond blanc dont le contraste doit être proche de 100 %, le terme d'acuité visuelle morphoscopique devant être retenu. Mais la vision d'un objet ou d'une image ne se limite pas à la perception du minimum séparable. La notion d'acuité visuelle n'explore qu'un paramètre de la perception visuelle.

* Laboratoire d'explorations fonctionnelles de la vision
- Clinique Sourdis - 3, place Anatole-France - 44000
NANTES.

** U279 INSERM - 1, Rue Pr Calmette -
59000 LILLE.

Pour étudier de façon plus exhaustive la perception visuelle, les seuils de perception pour des objets de toute une gamme de tailles avec

SENSIBILITÉ AU CONTRASTE SPATIALE ET AGE

des contrastes de plus en plus faibles sont mesurés (Figure 1). C'est la **Fonction de Sensibilité au Contraste Spatiale (FSC spatiale)**. Cette description est l'équivalent fonctionnel, pour la vision, de l'audiogramme pour l'audition.

Pour cela, des images de tests constituées de réseaux à profil de luminance sinusoïdale ont été définies. Ces réseaux sont des barres alternativement claires et sombres définies par leurs fréquences spatiales [en cycles par degré ou nombre de paires (blanche-noire) de raies par degré d'angle visuel] et par leur contraste.

Le contraste de luminance est la différence entre le maximum de luminance des bandes claires (L max. des bandes claires) et le minimum de luminance des bandes sombres (L min. des bandes sombres), rapportée à la somme de ces deux luminances (MICHELSON 1891) (Figure 1). Le contraste de modulation (M) ou contraste de Michelson est défini par :

$$M = (L \text{ max} - L \text{ min}) / (L \text{ max} + L \text{ min})$$

$$L_{\text{moy}} = L \text{ max} + L \text{ min}$$

L'inverse du contraste (C) est la sensibilité (S) :
 $S = 1/C$

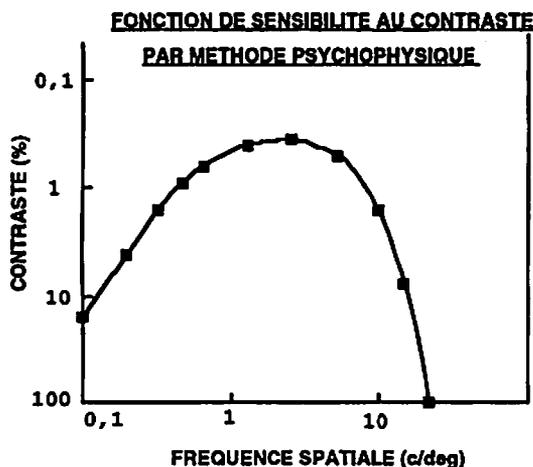


Figure 1

Représentation d'une courbe théorique de sensibilité au contraste.

Ici est introduit la notion de luminance moyenne (L_{moy}) qui ne varie pas lorsque le contraste varie.

Plusieurs représentations de la sensibilité au contraste spatiale existent (Figure 2).

Le contraste est souvent exprimé en pourcentage. 98 % étant un contraste très élevé, 3 % étant un contraste très faible (les réseaux deviennent à peine visibles). Dans le Moniteur Ophtalmologique la sensibilité au contraste est exprimée en décibels.

De nombreuses méthodes psychophysiques peuvent être utilisées pour déterminer la sensibilité au contraste (ZANLONGHI 1991). La méthode retenue par le Moniteur Ophtalmologique est la méthode de pas à pas ascendant.

Il est très important de connaître les facteurs de variations physiologiques liés aux sujets pour

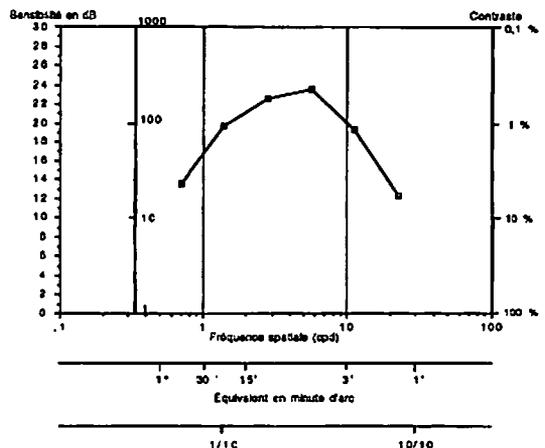


Figure 2

Représentations de la sensibilité au contraste spatiale. En abscisses est représentée la fréquence spatiale, en ordonnées, d'un côté la sensibilité au contraste en échelles log, ou en décibels [1 décibel = $10 \log (1/\text{contraste})$] et de l'autre en contraste noté en pourcentage.

pouvoir interpréter les résultats de la fonction de sensibilité au contraste obtenue par une méthode psychophysique. Les principaux étant l'âge, l'amétropie, le diamètre pupillaire.

L'âge intervient dans la modification de résultats de mesure psychosensorielle, l'exemple en ophtalmologie le plus connu étant l'acuité visuelle de loin qui se situe à l'âge de 6 mois aux alentours de 1/20 par la méthode de regard préférentiel (DOBSON 1978), à 2 ans aux alentours de 4/10 par potentiels évoqués visuels (ZANLONGHI 1990). Cette acuité visuelle de loin augmente progressivement jusqu'à 12/10 à 15/10 vers l'âge de 12 ans, pour ensuite lentement diminuer. Elle n'est plus que de 10/10 à 50 ans, de 7/10 à 70 ans, et de 5/10 à 85 ans (VERRIEST 1975).

Différentes techniques [méthodes subjectives comme par exemple le regard préférentiel (ATKINSON 1977), la poursuite de cibles structurées (DEFOORT 1984), méthodes objectives comme par exemple le nystagmus optocinétique, les potentiels évoqués de type transitoires ou de type stationnaires (MARG 1976, ZANLONGHI 1990)] peuvent être utilisés pour effectuer une mesure de sensibilité au contraste spatiale chez le jeune enfant.

Ces études montrent que la FSC des très jeunes enfants est très différente de celle des adultes. Il n'y a pas de fréquence de coupure basse chez les enfants de moins de 5 semaines. La FSC spatiale s'améliore rapidement entre 5 à 12 semaines. Des résultats très proches ont été trouvés chez 5 enfants normaux âgés de 2 mois par BANKS (1976, 1981).

La FSC spatiale continue de s'améliorer après l'âge de 3-4 ans (âge où l'acuité visuelle est de 10/10) jusqu'à 8 ans pour BRADLEY (1982) et jusqu'à l'âge adulte pour BEAZLEY (1980) (Figure 3).

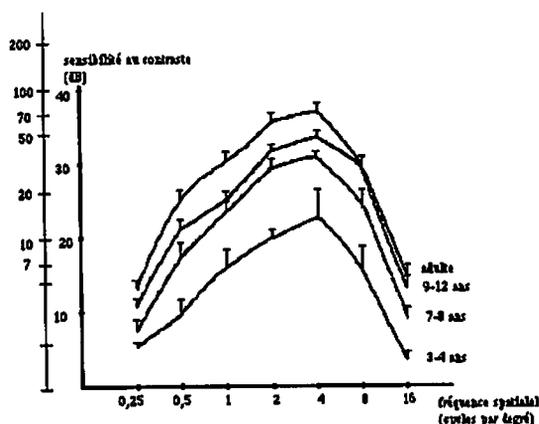


Figure 3

FSC spatiale pour quatre groupes d'âges (modifiée d'après BEAZLEY 1980).

Pour ARDEN (1978), la FSC en-dessous de 13 ans est inférieure à celle de l'adulte. Cet auteur ne note pas de différence entre l'âge de 13 et 70 ans.

SKALKKA (1980) sur une série de 200 yeux, trouvent une diminution de la sensibilité pour toutes les fréquences spatiales proportionnellement à l'augmentation de l'âge.

HYVARINEN (1983) sur un groupe de 21 sujets normaux (AV= 10/10) de plus de 50 ans montre que les groupes 50-59 ans et 60-69 ans donnent une FSC identique alors qu'il existe une discrète altération des basses fréquences spatiales pour le groupe 70-79 ans.

KAYAZAWA (1981), en utilisant une technique de FSC par franges d'interférences (donc en minimisant les problèmes pupillaires, réfractifs et d'opacités cristalliniennes), ne trouve pas de différence dans les courbes de FSC entre 6 et 80 ans.

La plupart de ces études étaient incomplètes du fait de l'absence d'informations détaillées

SENSIBILITÉ AU CONTRASTE SPATIALE ET AGE

telles que les chiffres d'acuité visuelle souvent non fournis, les tranches d'âges non précisées, ni les éventuelles amétropies, pas plus que la présence éventuelle de troubles du milieu à type de cataracte, ou la mesure du myosis sénile.

Une étude importante datant de 1983 (OWSLEY) portant sur 91 personnes est à notre connaissance la plus complète à ce jour. Les âges étudiés allaient de 19 à 87 ans. L'examen ophtalmologique de tous ces patients était strictement normal, les troubles de réfraction étaient corrigés, et le diamètre pupillaire mesuré pour chaque patient. L'étude était faite avec une fonction de sensibilité au contraste sur moniteur télévision avec une luminance moyenne de 103 candélas/m² à une distance de 3 m, six fréquences spatiales étaient présentées. La méthode psychophysique était dérivée de la méthode de VON BEKESY (Figure 4).

Cet auteur montre qu'après 40 ans, la diminution de la sensibilité pour les hautes fréquences spatiales est importante et l'on constate qu'au-delà de 60 ans, le pic de sensibilité est décalé vers les basses fréquences passant de 4 à 2 cycles par degré. Il n'y a pas d'influence de l'âge sur les basses fréquences spatiales.

Par ailleurs, les auteurs notent une relation entre les courbes obtenues et l'acuité visuelle pour les fréquences spatiales supérieures à 2 cycles par degré, ce qui revient à dire que les basses fréquences spatiales ne sont pas influencées par les variations modérées de l'acuité visuelle chez des sujets normaux.

Au total, l'analyse de la littérature, montre que les très jeunes enfants ont une relative bonne sensibilité au contraste dans les basses fréquences spatiales. Par contre, ils ont une sensibilité médiocre dans les moyennes et surtout les hautes fréquences spatiales, ce qui ne peut être expliqué ni par l'incidence des myopies et des astigmatismes observés chez les nourrissons, ni

par les défauts optiques de l'œil. La sensibilité au contraste s'améliore très rapidement surtout dans les moyennes et hautes fréquences spatiales jusque vers l'âge de 4 à 5 ans puis plus lentement jusqu'à l'âge adulte pour ensuite donner une diminution de la sensibilité dans les hautes fréquences spatiales après 50 ans puis dans les moyennes et hautes fréquences spatiales après 70 ans.

MÉTHODES

Matériel :

Un tube cathodique est utilisé comme stimulateur. Ce tube est piloté par un processeur graphique lui-même contrôlé par microprocesseur (matériel métrovision).

Les principales caractéristiques du logiciel "sensibilité au contraste spatial" sont rappelées ci-dessous:

- Réseaux sinusoïdaux de luminance horizontaux.

- Luminance moyenne 100 cd/m².

- Le contraste noté en dB va de 0 (98%) à 32 (0,63%). Le niveau de contraste augmente par pas de 0,25 dB. On a donc 128 niveaux de contraste disponibles par fréquence spatiale.

- Les fréquences spatiales vont de 0,69 et 22,08 cpd à une distance de 3 m.

- Taille de la stimulation : 14,3 cm en horizontal, 11,8 cm en vertical.

- Possibilité d'obtenir une FSC spatiale et temporelle (en alternance de phase à modulation carrée ou à modulation sinusoïdale) entre 1 et 50 Hz.

- Choix de l'ordre d'apparition des fréquences spatiales et du nombre de répétitions par fréquence spatiale (jusqu'à 10).

L'environnement lumineux est mésopique.

Dispositif expérimental :

La figure 5 représente une vue synoptique du dispositif expérimental. La distance œil-écran est toujours de 3 m. Les mesures sont effectuées en monoculaire, avec une pupille naturelle comprise entre 3 et 4,5 mm.

La méthode de mesure des seuils de contraste est de type pas à pas ascendant (ZANLONGHI 1989). Chaque fréquence spatiale est présentée 5 fois. Une moyenne est établie. Les valeurs aberrantes sont écartées.

Sujets :

Les sujets normaux ayant servi à établir les populations de références étaient des sujets "naïfs" non entraînés aux méthodes psychophysiques. 5 % des examens se sont révélés non fiables (mesures non reproductibles entre les 5 mesures par fréquence spatiale). Aussi, seuls 133 yeux (soit 50 hommes et 37 femmes) ont été inclus dans l'étude. La répartition par groupe d'âge est indiqué dans le tableau I.

Chaque sujet a eu un examen ophtalmologique complet (réfraction, lampe à fente, tonométrie, fond d'œil, vision des couleurs pour les garçons (ishihara). Il n'avait pas de pathologie générale (HTA, diabète...). L'acuité visuelle de loin était comprise entre 12/10 et 9/10 jusqu'à 55 ans, et entre 10/10 et 8/10 au-delà. Les sujets ayant une hyper acuité (16/10) ou une acuité inférieure à 8/10 étaient exclus.

Les expérimentations ont été effectuées avec la meilleure correction optique. Les sujets ayant une amétropie supérieure à + ou - 4 dioptries en sphère et supérieure à 1,50 en cylindre ont été exclus.

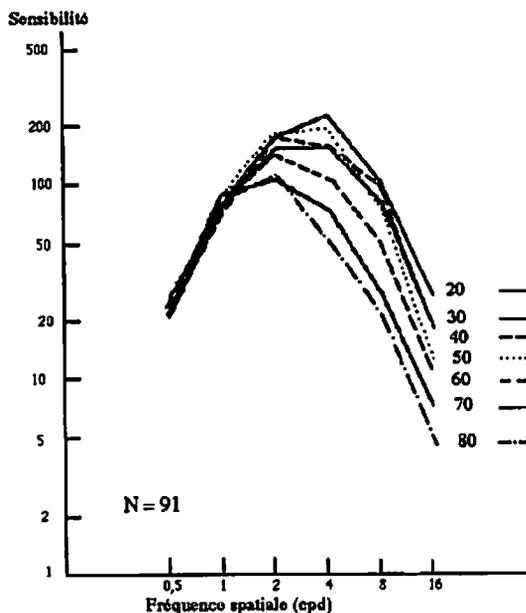


Figure 4

Résultats de la FSC spatiale chez 91 sujets normaux en fonction de l'âge (modifiée d'après OWSLEY 1983).

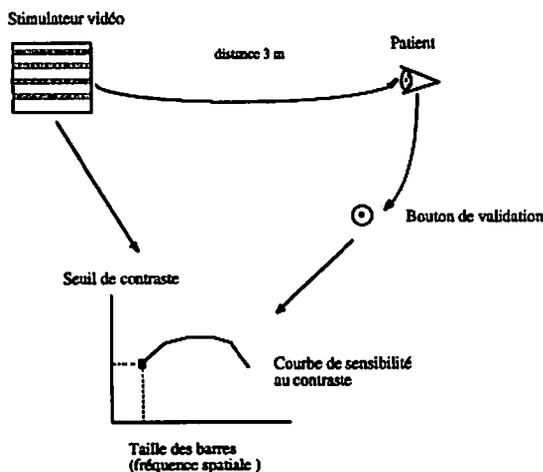


Figure 5

Dispositif expérimental. - Dès que le patient voit apparaître des barres sur le stimulateur vidéo (en spatiale) ou un papillement en temporelle, il appuie sur le bouton de validation. Les mesures sont poursuivies avec des barres de largeurs différentes (ou fréquence spatiale).

SENSIBILITÉ AU CONTRASTE SPATIALE ET AGE

RÉSULTATS

Acuité visuelle et réfraction :

Le tableau I présente pour chaque groupe d'âge, l'acuité visuelle moyenne de loin avec la meilleure correction optique de loin. Les valeurs trouvées correspondent à la littérature sauf pour les 2 groupes d'âge les plus élevés, où l'acuité visuelle moyenne y est supérieure.

Sensibilité au contraste spatial :

La figure 6 montre les courbes moyenne de sensibilité au contraste spatial pour les 8 groupes d'âges.

Le groupe d'âge des moins de 12 ans montre une sensibilité au contraste nettement inférieure aux autres groupes pour les fréquences spatiales basses et moyennes (0,69 - 1,38 - 2,76 - 5,52 cpd). Par contre pour les hautes fréquences spatiales, les scores sont comparables aux 2 tranches d'âge les plus élevées.

Pour tous les autres groupes, il n'y a aucune influence de l'âge sur les scores des 3 fréquences spatiales les plus basses (0,69 - 1,38 - 2,76 cpd). Le groupe des 21 à 30 ans présente la meilleure performance pour toutes les fréquences spatiales

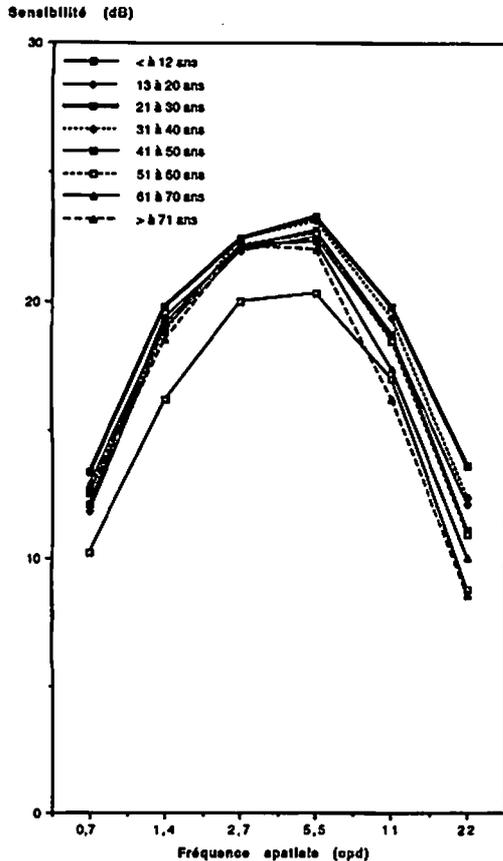


Figure 6

Courbes de sensibilité au contraste moyenne pour les 8 groupes d'âges (133 yeux).

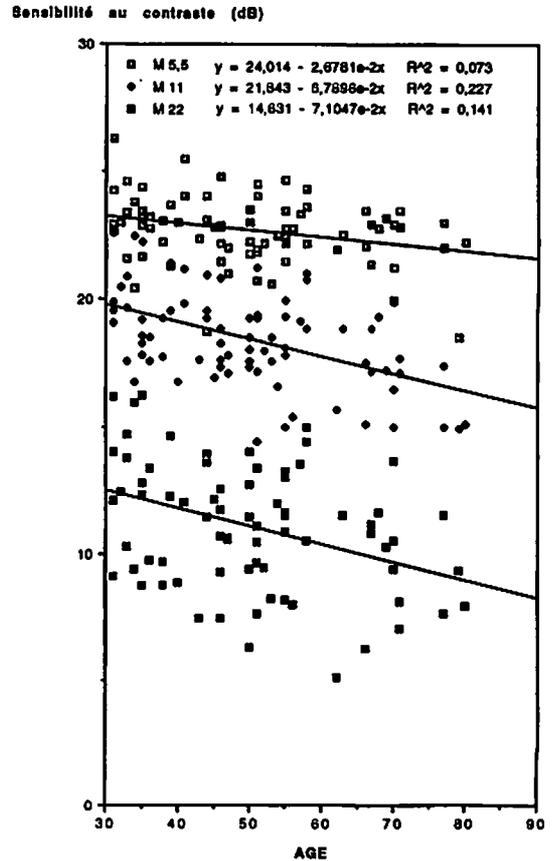


Figure 7

Corrélations entre l'âge et la sensibilité au contraste pour les sujets de plus de 30 ans et pour les fréquences spatiales (5,5 - 11 - 22 cycles par degré).

Pour les sujets plus âgés, il existe une corrélation entre l'âge et les scores de sensibilité pour les 3 hautes fréquences spatiales (5,52 - 11,04 - 22,08 cpd). Plus l'âge augmente, plus la sensibilité au contraste diminue. (Figure 7)

Pour toutes les tranches d'âges le pic de sensibilité reste à 5,52 cpd sauf pour les plus de 71 ans.

DISCUSSION

Cette étude se proposait d'étudier l'influence de l'âge sur les scores de sensibilité au contraste spatiale pour 133 yeux. Nous avons trouvé qu'en dessous de 13 ans, les scores de sensibilité au contraste pour les moyennes et basses fréquences spatiales étaient nettement moindre que pour les autres tranches d'âge. Nous confirmons les résultats de BEAZLEY (1980) et de ARDEN (1978).

Contrairement à SKALKA (1980), au-dessous de 13 ans, il n'y a aucune influence de l'âge sur les 3 plus hautes fréquences spatiales.

Contrairement aux résultats de KAYAZAWA (1981) et de ARDEN (1978), nous retrouvons des courbes très proches de celle d'OSWLEY (1983) avec deux différences.

- L'atteinte des hautes fréquences spatiales avec l'augmentation de l'âge est moins importante dans notre étude. Cette différence est en partie due à la sélection des sujets de plus de 60 ans dont aucun n'avait en dessous de 8/10 d'acuité visuelle. Ces sujets se retrouvaient à avoir une performance visuelle au-dessus de la moyenne normale (VERRIEST 1975).

- Il n'y a pas de décalage du pic de sensibilité vers les basses fréquences spatiales avec l'augmentation de l'âge.

Quels sont les facteurs pouvant expliquer l'influence de l'âge sur la sensibilité au contraste spatiale. Ils sont de plusieurs ordres.

- L'existence du myosis sénile, de l'opalescence cristallinienne. Cependant, l'âge ne semble pratiquement pas intervenir dans la sensibilité au contraste temporel. OWSLEY (1983) fait intervenir des facteurs neuronaux mal connus à ce jour.

groupe d'âge	inférieur à 12 ans	13 à 20 ans	21 à 30 ans	31 à 40 ans	41 à 50 ans	51 à 60 ans	61 à 70 ans	> 71 ans
nombre d'yeux	6	24	25	22	16	22	12	6
âge moyen	9	18,83	26,04	34,73	45,65	54	67,25	75,83
sphère (dioptrie)	0	- 0,15	- 0,16	- 0,72	- 0,49	0,48	1,88	1,58
cylindre (dioptrie)	0	0	0	- 0,5 (2 yeux)	- 1 (1 œil)	- 0,44 (4 yeux)	- 0,75 (2 yeux)	- 0,75 (4 yeux)
axe (degré)				52,5	100	92,5	55	90
acuité visuelle de loin	10	10,32	10	10	10	9,86	9	9

TABLEAU I

Groupes d'âge, avec l'acuité visuelle moyenne, la réfraction moyenne.

SENSIBILITÉ AU CONTRASTE SPATIALE ET AGE

cycles /degré		<= 12	13 à 20	21 à 30	31 à 40	41 à 50	51 à 60	61 à 70	>71ans
0,7 cpd	Moy	10,23	11,79	13,35	12,56	12,10	12,61	12,84	12,49
	EC	2,33	1,87	2,17	2,00	2,17	2,68	1,70	3,20
1,4 cpd	Moy	16,17	18,94	19,78	18,85	19,35	19,07	19,11	18,51
	EC	1,52	1,43	1,80	1,72	1,86	1,56	1,32	2,67
2,7 cpd	Moy	20,00	21,91	22,39	22,41	22,04	22,12	22,16	22,12
	EC	1,03	0,72	1,18	1,16	1,31	1,48	0,56	1,76
5,5 cpd	Moy	20,30	22,44	23,24	23,07	22,72	22,60	22,28	22,00
	EC	0,93	0,90	1,67	1,22	1,49	1,20	0,97	1,64
11 cpd	Moy	16,96	18,58	19,77	19,36	18,71	18,43	17,36	16,20
	EC	1,40	1,32	2,10	1,71	1,34	1,97	1,56	1,22
22 cpd	Moy	8,79	12,10	13,56	12,34	11,09	10,94	10,04	8,61
	EC	2,49	1,99	2,13	2,61	2,21	2,13	2,31	1,46

TABLEAU II

Moyenne et un écart type de la sensibilité au contraste pour les 6 fréquences spatiales et les 8 groupes d'âges.

CONCLUSION

L'âge influe sur les scores de sensibilité au contraste spatiale tout particulièrement pour les moins de 12 ans dans les basses fréquences spatiales, et pour les plus de 50 ans dans les hautes fréquences spatiales. Des normes en fonction de l'âge deviennent indispensable en utilisation clinique quotidienne de la sensibilité au contraste spatiale.

BIBLIOGRAPHIE

1 - Arden G.B. - *The importance of measuring contrast sensitivity in the cases of visual disturbance.* Br. J. Ophthalmol., 1978, 62, 198-209.

2 - Atkinson J., Braddick O., Moar K. - *Development of contrast sensitivity over the first three*

months of life in the human infant. Vision Res., 1977, 17, 1037-1044.

3 - Banks M.S., Salapatek P. - *Contrast sensitivity function of the infant visual system.* Vision Res., 1976, 16, 867.

4 - Banks M.S., Salapatek P. - *Infant pattern vision : a new approach based on the contrast sensitivity function.* J. of Experimental Child Psychology, 1981, 31, 1-45.

5 - Beazley L.D., Illingworth D.J., Jahn A., Greer D.V. - *Contrast sensitivity in children and adults.* Br. J. Ophthalmol., 1980, 64, 863-866.

6 - Bradley A., Freeman R.D. - *Contrast sensitivity in children.* Vision Res., 1982, 22, 953-959.

7 - Buser P., Imbert M. - *Vision, neurophysiologie fonctionnelle.* Tome IV. Ed Hermann Paris, 1987.

8 - Defoort S. - *Approche de la vision binoculaire chez le nourrisson*. Thèse de Médecine, Lille, 1984.

9 - Dobson V., Teller D. - *Visual acuity in human infants : a review and comparison of behavioral and electrophysiological studies*. Vision Res., 1978, 18, 1469-1483

10 - Hyvarinen L., Laurinen P., Rovamo J. - *Contrast sensitivity function in evaluation of visual impairment due to degeneration and optic nerve lesions*. Acta Ophthalmologica, (Copenh.), 1983, 61, 161-170.

11 - Kayazawa F. - *Clinical measurement of contrast sensitivity function using laser generated sinusoidal grating*. Jap. J. Ophthalmol. 1981, 25, 229-236.

12 - Marg E., Freeman D.N., Peltzman P., Glodstein P.J. - *Visual acuity development in human infants, evoked potentials measurements*. Invest. Ophthal. Vis. Sci., 1976, 15, 150-153.

13 - Michelson A.A. - *On the application of interference methods to spectroscopic measurements*. I. Phil. Mag. Series, 1891, 31, 338-348.

14 - Owsley E. - Sekuler R. - Siemsen D. - *Contrast sensitivity throughout adulthood*. Vision Res., 1983, 23, 689-699.

15 - Verriest G., Hermans G. - *Les aptitudes professionnelles*. Bull. Soc. Belge Ophtalmol., 1975, 169, 1-552.

16 - Skalka H. - *Comparaison of snellen acuity, arden grating scores in macular and optic nerve disease*. Br. J. Ophthalmol., 1980, 64, 24-29.

17 - Zanlonghi X. - *Contributions à l'étude de la sensibilité au contraste. Etudes électrophysiologiques, psychophysiques, cliniques*. Thèse médecine, Lille, 1989.

18 - Zanlonghi X., Charlier J., Defoort-Dhellemmes S., Hache J.C., Bocquet X., Leroy F. - *Etude des propriétés temporelles et spatiales du système visuel chez l'enfant par potentiels évoqués visuels stationnaires. Application à la mesure du pouvoir séparateur*. Ophtalmologie, 1990, 4, 432-440.

19 - Zanlonghi X. - *Sensibilité au contraste. Etude comparative des appareillages actuels*. Coup d'Œil, 1991, 32, 70-74.