

MOYENS D'ETUDE DES PERFORMANCES VISUELLES EN RAPPORT AVEC LA CONDUITE NOCTURNE

Jacques Charlier
Metrovision, 4 rue des Platanes
59840 Pérenchies, France
charlier@metrovision.fr

extrait de
Conduite et Age
Un certain regard
Maison de Jean Monnet
Bazoches-sur-Guyonne
Compte rendu de la réunion d'experts du 22 mars 2003

Publié par
Octopus Multimedia
Dr Alexandre-Pierre GASPARD, apg@abcmedecine.com
Octopus Multimedia
6 rue de Thann, 75017 Paris
www.abcmedecine.com
www.abcbassevision.com
ISBN 2-915130-02-7

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION

2 RAPPELS: PERFORMANCES VISUELLES A BASSE AMBIANCE LUMINEUSE

2.1 *Généralités*

2.2 *La vision centrale : acuité visuelle et sensibilité au contraste*

2.3 *La vision périphérique*

2.4 *Les mécanismes d'adaptation*

3 METHODES D'EVALUATION CLASSIQUES

4 LIMITES DES METHODES CLASSIQUES

4.1 *Atteintes spécifiques de la vision nocturne*

4.2 *Myopie nocturne*

4.3 *Vieillissement et vision nocturne*

4.4 *Chirurgie réfractive*

5 CONCLUSIONS

6 REFERENCES

1 INTRODUCTION

D'après une étude récente (Onirs, 2001), la nuit représente moins de 10% du trafic routier mais 37% des blessés graves et 46% des tués.

Il est probable qu'une part importante de ces accidents est liée à la diminution considérable des performances visuelles lors de la conduite nocturne. En effet, de nombreux conducteurs présentant un déficit visuel arrivent à le compenser le jour mais ne le peuvent plus en ambiance nocturne et, situation aggravante, n'en ont pas forcément conscience.

Nous commencerons par un rappel succinct des performances visuelles à basse ambiance lumineuse. Nous décrirons ensuite les instruments existants pour l'évaluation de la vision nocturne.

Il faut constater aujourd'hui que très peu de professionnels de la vision (médecins et paramédicaux) sont équipés pour réaliser de tels tests. Par ailleurs, il n'existe pas aujourd'hui de réel consensus sur les procédures de test à utiliser pour la conduite nocturne. Les principales raisons pourraient être que les tests "classiques" ne sont pas assez efficaces, c'est à dire qu'ils ne prennent pas bien en compte la complexité des tâches visuelles impliquées dans la conduite, à fortiori nocturne, qu'ils sont trop coûteux (temps d'examen, coût d'achat des équipements) et également qu'ils ne sont pas adaptés à de nombreuses situations fréquemment rencontrées. Nous verrons à l'occasion de plusieurs exemples un certain nombre de solutions qui ont été développées récemment et pourraient dans un proche avenir répondre de façon plus complète aux besoins d'évaluation.

2 RAPPELS: PERFORMANCES VISUELLES A BASSE AMBIANCE LUMINEUSE

2.1 Généralités

A basse ambiance lumineuse, on observe une diminution de l'ensemble des fonctions:

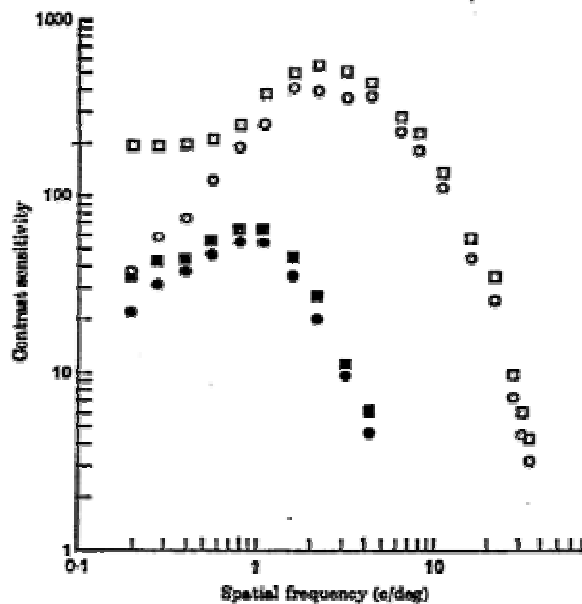
- Résolution spatiale
- Discrimination des contrastes
- Vision périphérique
- Perception de la distance
- Réponses accommodatives
- Temps de réaction
- ...

2.2 La vision centrale : acuité visuelle et sensibilité au contraste

On observe non seulement une diminution de l'acuité visuelle (capacité à discriminer des objets de petite taille) mais également une diminution de la sensibilité au contraste pour les basses et moyennes fréquences spatiales (capacité à discriminer les objets de faible contraste, quelle que soit leur taille).

Définitions :

- ambiance photopique ou diurne : au-delà de 10 cd/m²
- ambiance mésopique : entre 0,001 et 10 cd/m² (ce qui correspond en général aux conditions de conduite nocturne)
- ambiance scotopique : en dessous de 0,001 cd/m² (ciel nocturne sans lune)



courbes de sensibilité au contraste statique en fonction de la luminance ambiante

carrés blancs : résultats en ambiance diurne (500 cd/m²)

carrés noirs : résultats en ambiance mésopique (0,05 cd/m²).

Source : Campbell and Robson, 1968

Certains auteurs ont mis l'accent sur l'acuité visuelle dynamique qui caractérise la capacité d'un sujet à discriminer les détails d'un objet en mouvement. Cette dernière devrait être plus caractéristique des aptitudes visuelles nécessaires à la conduite automobile que l'acuité visuelle statique. On a pu montrer (Burg, 1967) une influence statistiquement significative sur un groupe important de conducteurs. Cependant, d'après les mêmes auteurs elle ne rendrait compte que d'un faible pourcentage des accidents, ce qui en limiterait l'intérêt dans ce cas précis.

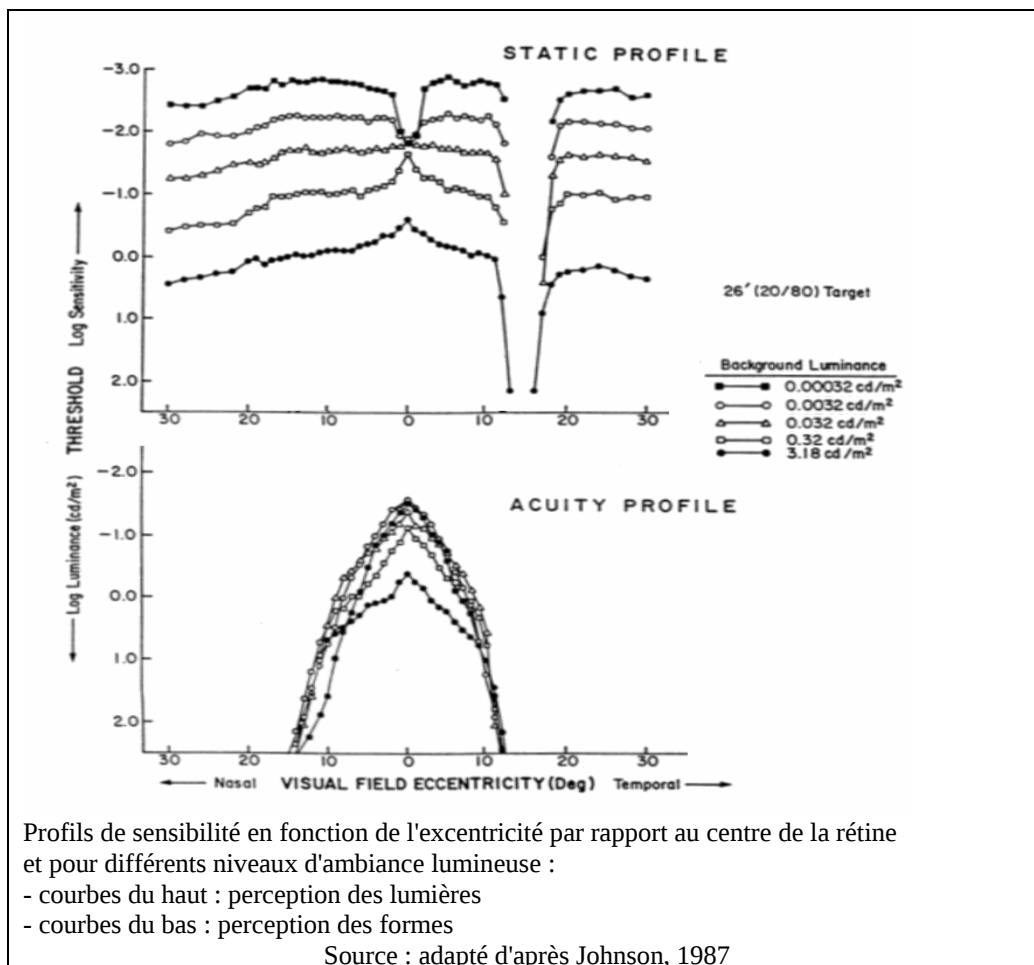
2.3 La vision périphérique

Alors que la vision centrale n'implique qu'une très faible partie de la rétine (environ 2 à 4 degrés autour du centre), la vision périphérique couvre un angle de vision beaucoup plus étendu, atteignant par exemple 90 degrés du côté temporal.

La vision périphérique joue un rôle très important dans la conduite automobile, en particulier pour la détection, la localisation et même, pour la zone "péricentrale" couvrant les 20 degrés centraux, une reconnaissance partielle des objets.

En ambiance diurne, ces performances diminuent avec l'excentricité par rapport au centre de la rétine.

Lorsque la luminance ambiante diminue, on observe une diminution rapide des performances de la rétine centrale pour atteindre un "plateau" en ambiance mésopique et même un "puits" central lorsque l'on atteint les niveaux scotopiques.



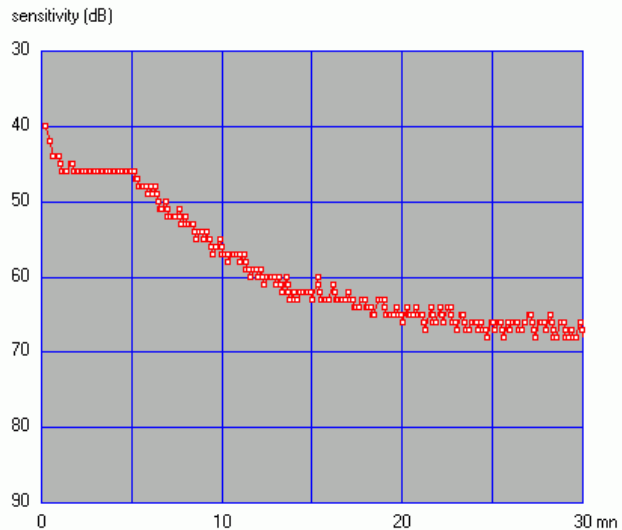
2.4 Les mécanismes d'adaptation

Suite à une transition de la lumière à l'obscurité ou de l'obscurité à la lumière, le système visuel nécessite un temps d'adaptation plus ou moins long pour atteindre des performances optimales.

Le temps d'adaptation est plus important lors de la transition vers l'obscurité et d'autant plus long que le niveau d'ambiance lumineuse est faible.

La courbe de récupération après éblouissement comprend une première phase de durée 5 minutes environ correspondant à l'adaptation des cônes.

Cette phase est suivie d'une deuxième correspondant à l'adaptation des bâtonnets dont la durée peut dépasser 25 minutes avant d'atteindre le niveau de sensibilité optimum.



courbe d'adaptation à l'obscurité consécutive à un éblouissement global de 5 minutes sur le Moniteur Ophtalmologique.

Si une partie de la rétine est soumise pendant un temps même très court à un éblouissement comme cela peut être le cas lors du croisement d'un autre véhicule aux phares allumés, la capacité de détection de cette zone rétinienne s'effondre et de plus le sujet perçoit pendant un temps plus ou moins long une post image fixe par rapport à la rétine.

3 METHODES D'EVALUATION CLASSIQUES

Ces instruments se trouvent actuellement dans des services hospitaliers où ils sont utilisés pour des applications diagnostiques ainsi que dans des centres d'expertise où ils sont utilisés pour le dépistage d'anomalies de la vision nocturne en rapport avec l'activité professionnelle (pilotes d'avion, conducteurs de trains, ..).

Scototomètre de Beyne (Luneau)

Cet appareil permet d'établir la courbe d'adaptation sur un champ de faible dimension et fixe. Il ne dispose pas d'une préadaptation à la lumière.



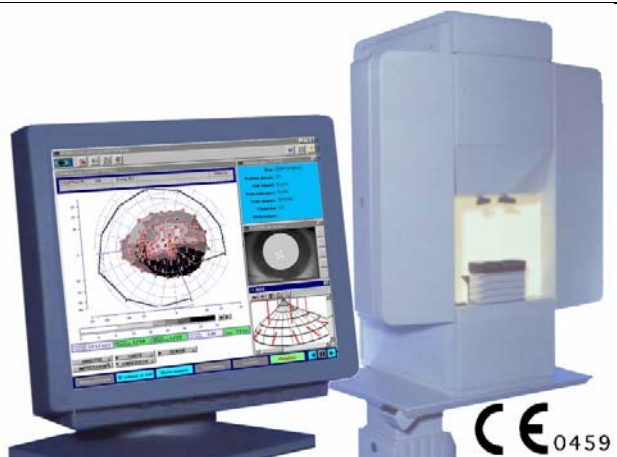
Adaptomètre de Goldmann-Weekers (Haag Streit)

Cet appareil dispose d'une préadaptation sur l'ensemble du champ visuel et permet de mesurer de façon semi-automatique l'adaptation d'un grand nombre de fonctions visuelles.



Programme d'adaptation à l'obscurité sur Moniteur Ophtalmologique (Metrovision)

Ce programme permet de réaliser l'examen dans des conditions similaires à celles du Goldmann-Weekers. Il présente l'avantage d'être entièrement automatique et de ne pas nécessiter un instrument dédié (le même appareil peut réaliser les examens du champ visuel et de l'électrophysiologie visuelle).



A noter que plusieurs centres d'examen utilisent encore d'autres appareils:

- Le périmètre de HARMS
- L'explorateur universel et le campimètre de JAYLE et MOSSE (Marseille)
- le nyctomètre de COMBERG

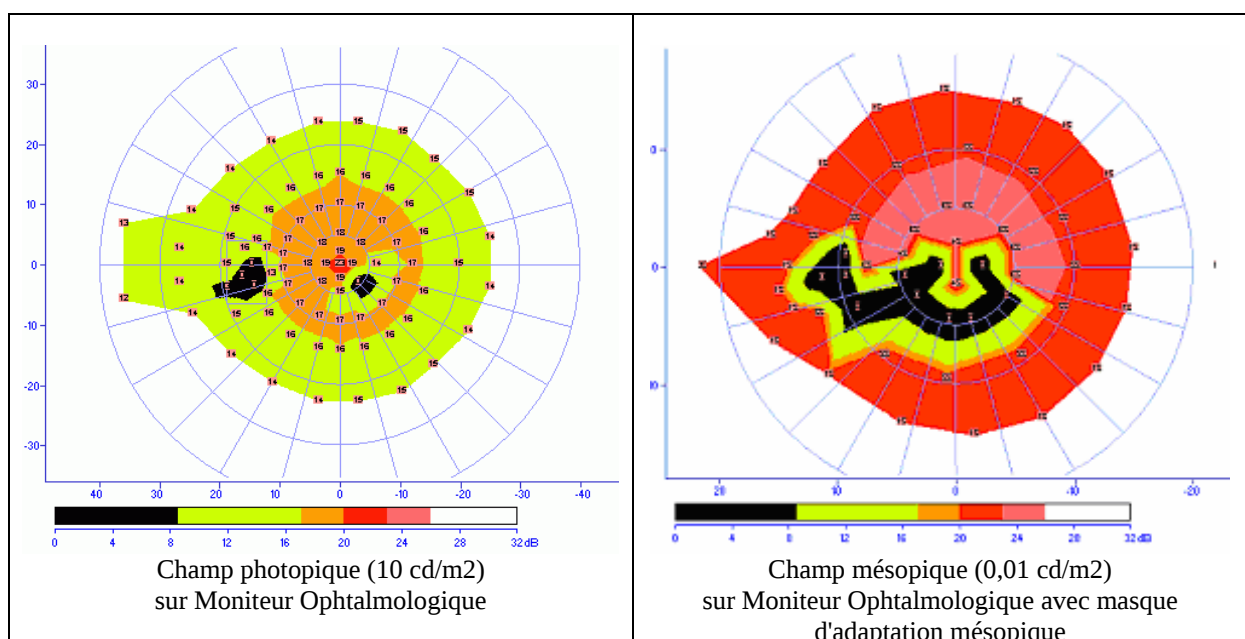
Ces appareils d'un intérêt clinique certain et dont nous n'avons cité que quelques exemples, ne sont plus commercialisés et n'ont pas suivi l'évolution technologique probablement en raison d'un marché trop limité.

4 LIMITES DES METHODES CLASSIQUES

Nous avons regroupé dans ce paragraphe plusieurs exemples montrant que les méthodes d'évaluation "classiques" de la vision nocturne ne sont pas toujours adaptées au problème de la conduite automobile de nuit. Nous présenterons pour ces différents exemples de nouvelles approches susceptibles d'apporter une réponse.

4.1 Atteintes spécifiques de la vision nocturne

Certaines pathologies affectent spécifiquement la vision nocturne. Ces atteintes sont habituellement caractérisées par les examens classiques d'électro-rétinographie (ERG ou enregistrement de l'activité électrique de la rétine avec des stimulations spécifiques des bâtonnets) et/ou par les examens de l'adaptation à l'obscurité. Dans certains cas, des atteintes locales peuvent échapper à ces examens. L'exemple ci-dessous montre le champ visuel d'un patient décrivant une gêne importante à la conduite nocturne. L'ERG et la courbe d'adaptation à l'obscurité sont normaux. Son champ visuel présente un petit scotome (zone noire) en ambiance photopique. Ce scotome s'élargit considérablement en ambiance mésopique et permet d'interpréter la gêne décrite par le patient lors de la conduite nocturne (document du Dr Zanlonghi, Nantes). La petite taille relative et la disposition du scotome n'ont pas permis sa détection par les examens classiques.



4.2 Myopie nocturne

Un autre exemple est celui de la myopie nocturne.

D'après White & al (2000), celle-ci affecte 38% des sujets de moins de 25 ans et parmi ces derniers 4% ont une myopie nocturne supérieure à 2,5 D entraînant une acuité visuelle inférieure au minimum légal pour la conduite. Owens (1987) en explique le mécanisme probable : en ambiance nocturne, la stimulation visuelle de l'accommodation diminue et l'accommodation de l'œil est au repos. Or pour de nombreux sujets le point de repos de l'accommodation ("dark focus") ne se trouve pas à l'infini mais à une distance beaucoup plus faible. Avec l'âge, la prévalence et l'amplitude de la myopie nocturne diminue car la perte des capacités d'accommodation ramène l'erreur de réfraction à une valeur identique de nuit comme de jour. La détermination la valeur de correction suppose des mesures en ambiance lumineuse faible (White & al, 2000) mais son optimisation est rendue difficile par le fait que la correction varie en fonction de l'ambiance lumineuse.

4.3 Vieillesse et vision nocturne

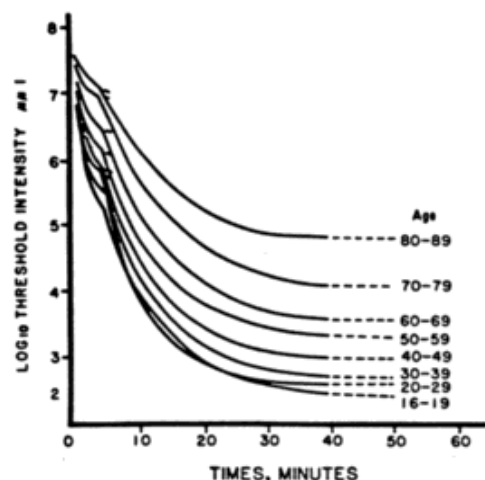
La baisse des performances visuelles nocturnes avec l'âge est un phénomène bien connu (voir Schieber, 1994 et Zanolighi, 2000 pour une revue détaillée de la question).

Pratiquement toutes les fonctions visuelles sont affectées par le vieillissement : l'acuité visuelle et le champ visuel se dégradent mais cependant plusieurs études n'ont pas trouvé de relation entre cette dégradation et la fréquence des accidents (Hennesy, cité par Schieber, 1994) sauf lorsque les atteintes deviennent très importantes.

La résistance à l'éblouissement est certainement l'une des fonctions impliquées dans la conduite nocturne les plus affectées par l'âge. Elle correspond à la gêne fréquemment décrite lors du croisement d'un véhicule aux feux de route allumés. Les mécanismes impliqués ne sont pas entièrement élucidés (Mainster & al, 2003).

La courbe "classique" de l'adaptation à l'obscurité après éblouissement met en évidence une élévation importante des seuils avec l'âge. Celle-ci serait due à une combinaison de facteurs :

- La réduction de la quantité de lumière atteignant la rétine résultant de la diminution de la taille pupillaire et de la perte de transparence des milieux oculaires associées à l'âge
- la modification du métabolisme de la rétine
- le vieillissement neuronal

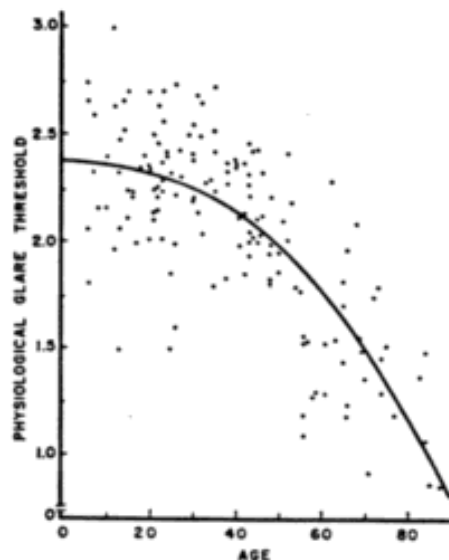


courbe d'adaptation à l'obscurité en fonction de l'âge
(McFarland, cité par Owsley, 1987)

Une autre approche est celle du "**glare test**". Son principe est de mesurer la perte de sensibilité centrale résultant d'un éclairage périphérique intense. En raison de la diffusion de lumière dans l'œil, l'éclairage périphérique génère un voile de lumière sur la rétine centrale qui résulte en une diminution du contraste des objets.

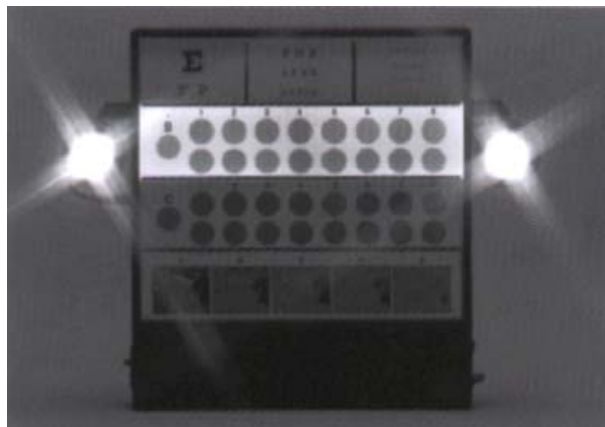
On observe une forte diminution des performances au-delà de 45 ans mais également une très forte variabilité interindividuelle.

Ce type de test serait particulièrement sensible pour détecter précocement les troubles des milieux (cornée, cataracte, capsule postérieure, ...).



Evolution du seuil du "glare test" en fonction de l'âge (Pullings & al, cité par Owsley, 1987)

Plusieurs appareils sont commercialisés pour la réalisation du glare test : le BGT ou Berkeley Glare Tester, le Glare test de Vector Vision, l'analyseur de capacité visuelle de L2 Informatique. Le Moniteur Ophtalmologique dispose également d'une option pour la réalisation de ce test.



Glare test de Vector Vision



Glare test sur le Moniteur Ophtalmologique de Metrovision

Le glare test serait sensibilisé par l'emploi de tests à bas contraste (Schieber, 1994) et par la l'utilisation de conditions d'examen mésopiques car en raison de l'effet Stiles Crawford, les bâtonnets seraient plus sensibles que les cônes à la lumière diffusée dans l'œil (Maguire, 1994).

A noter que la plupart des travaux mettent en évidence des comportements d'évitement : les personnes âgées évitent les situations à risque telles que la conduite de nuit, par mauvais temps ou sur les axes à fort trafic (Caird, 2000, Rotter & al, 2002). Ceci pourrait expliquer la corrélation relativement faible entre les pertes sensorielles et la fréquence des accidents. Par contre, plusieurs travaux montrent une forte corrélation entre la fréquence des accidents et les performances du champ visuel attentionnel (Useful Field of View) (Ball & al, 1988, Ball & al, 1993, Gabaude, 2001, Moessinger, 2002). Les altérations de l'attention divisée et l'attention sélective seraient fréquentes chez la population âgée et augmenteraient avec l'âge (Rubin & al, 1999).

Tâche d'attention simple :

Le sujet doit indiquer avec une manette la direction de la flèche.

La performance est quantifiée par le nombre de réponses correctes et le temps de réponse.



Tâche d'attention divisée :

Le sujet doit indiquer avec une manette la direction de la flèche et simultanément appuyer sur un bouton poussoir lorsqu'il détecte l'apparition d'un objet en périphérie.



Tâche d'attention sélective :

La tâche est identique au cas précédent mais cette fois, de nombreux distracteurs sont présents en périphérie.



4.4 Chirurgie réfractive

Un nombre important de patients ayant bénéficié d'une chirurgie réfractive signalent une vision nocturne dégradée et une gêne importante lors de la conduite de nuit (Maguire, 1994).

Ces problèmes semblent résulter de plusieurs mécanismes qui ne peuvent être mis en évidence avec les techniques d'examen "classiques" (American Institute of Biological Sciences, 1998, Nagy, 2002) :

- une dégradation de la qualité de l'image rétinienne que le système visuel pourrait compenser en vision diurne mais pas dans les conditions "extrêmes" de la vision nocturne
- une augmentation de la taille pupillaire qui accroît l'influence des aberrations optiques de l'œil et, en fonction de la taille de la zone cornéenne traitée, crée des aberrations périphériques, des phénomènes de halos...

Plusieurs sociétés ophtalmologiques ont publié des recommandations pour une évaluation préopératoire destinée à identifier les patients "à risque", en particulier ceux présentant une dilatation pupillaire importante en ambiance lumineuse mésopique (American Society of Cataract and Refractive Surgery, Steinert & al, 2003).

Par ailleurs, des tests pré et postopératoires permettraient d'objectiver la gêne décrite par certains patients dans les conditions de la conduite nocturne : le glare test et, peut être, des examens de la vision périphérique en ambiance mésopique.

5 CONCLUSIONS

L'évaluation de l'aptitude à la conduite automobile nocturne pose de nombreux problèmes: les instruments disponibles aujourd'hui chez l'ophtalmologiste ne sont pas adaptés.

Il n'existe pas aujourd'hui de consensus concernant les méthodes à employer.

Pour l'American Academy of Ophthalmology (2001) : "pas de recommandation concernant la conduite nocturne". Pour la Société Canadienne d'Ophtalmologie (2002): "Adaptation à la conduite nocturne et rétablissement visuel à la suite d'éblouissements : Il n'y a en ce moment aucun test ni procédure type recommandée pour l'évaluation de ces fonctions".

Dans cet article, nous avons présenté plusieurs nouvelles techniques d'évaluation qui pourraient dans un proche avenir apporter des réponses à ces nouveaux besoins d'évaluation.

6 REFERENCES

1. American Academy of Ophthalmology, Policy statement : vision requirements for driving, 2001.
2. American Institute of Biological Sciences, Report of the peer review panel on photorefractive keratectomy research, 1998
3. BALL K.K., BEARD B.L., ROENKER D.L., MILLER R.L., GRIGGS D.S. Age and visual search: expanding the useful field of view. *J. Opt. Soc. Am. A*, 1988, 5, 12, 2210-2219.
4. BURG A. The relationship between vision test scores and driving record: General findings. Los Angeles, CA: Institute of Transportation and Traffic Engineering, University of California, 1967.
5. CAIRD J.K. Anticipating the Effects of Canada's Aging Population on Older Driver Safety and Mobility. Van Horne Institute for Transportation Studies, 2000.
6. Committee on Vision. Emergent techniques for assessment of visual performance. National Academy Press, 1985.
7. GABAUDE C. Contribution à l'étude de la perception visuo-attentionnelle: Exploration des effets du vieillissement et développement d'un outil d'aide au diagnostic et de suivi. Thèse Université de Lyon, 2001
8. JOHNSON C. Peripheral visual function as a function of adaptation level. in *Night Vision Current Research and Future Directions*, National Academy Press, 1987.
9. MAGUIRE L.J. Keratorefractive surgery, success, and the public health, *American Journal of Ophthalmology*, 1994, 3, 117.
10. MAINSTER M.A., TIMBERLAKE G.T. Why HID headlights bother older drivers. *Br J Ophthalmol*, 2003, 87, 113-117.
11. MOESSINGER M. La conduite automobile chez la personne âgée. Mise en évidence et discussion des comportements en situation simulée lors du vieillissement chez le sujet sain. Thèse Université de Strasbourg, 2003
12. NAGY Z.Z., MUNKACSY G., KRUEGER R.R. Changes in mesopic vision after photorefractive keratectomy for myopia. *Journal of Refractive Surgery*. 2002, 18, 249.
13. ONIRS (Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière). Bilan 2001 de la sécurité routière
14. OWENS A. Normal variations of visual accommodation and binocular vergence: some implications for night vision. in *Night Vision Current Research and Future Directions*, National Academy Press, 1987.
15. OWSLEY C. Aging and night vision. . in *Night Vision Current Research and Future Directions* National Academy Press, 1987.
16. OWSLEY C., BALL K. Assessing visual function in the older driver. *Clinics in Geriatric Medicine*, 1993, 9, 389-401.
17. RISSE J.F. & al. Exploration de la fonction visuelle. Rapport de la Société Française d'Ophthalmologie. Masson. 1999.
18. ROTTER N.G., MCKNIGHT C. The Mature Driver: safety and mobility Issues. Report from New Jersey Department of Transportation, 2002
19. RUBIN G.S., KEYL P.M., MUNOZ B., ARVO, 1999.
20. SCHIEBER H. Recent developments in vision, aging and driving. 1984-1994. Transportation Research Board 1994.
21. UVIJLS A., BAETS R, LEROY B.P., KESTELYN P. Mesopic visual acuity requirements for driving licences in the European Union. *Bull. Soc. belge Ophthalmol.*, 282, 71-77, 2001.
22. VERRIEST G., HERMANS G. Vue et profession. Les aptitudes visuelles professionnelles. Editions Scientifiques et Psychologiques. 1981.
23. WHITE G.L., MAMALIS N., SPELLICY M.J. Night Myopia: A Consideration in Graduated Driver Licensing Systems. *The Chronicle of ADTSEA*, 2000, 48, 4.
24. ZANLONGHI X. Conduite de véhicules et handicap visuel. Aspects fonctionnels. Site Internet de l'ARIBA, 2000.
25. BALL K., OWSLEY C., SLOANE M.E., ROENCKER M.E., BRUNI J.R. Visual attention problems as a predictor of vehicle crashes in older drivers. *IOVS* 1993, 34, 3110-3123.
26. STEINERT R.F., KOCH D.D., LANE S.S., STULTING R.D. LASIK surgery screening guidelines for patients. Eye Surgery Education Council. American Society of Cataract and Refractive Surgery, 2003.