

Comment explorer la vision dans un contexte de conduite automobile ?

X ZANLONGHI, L AVITAL, C PEDELAHORE, C ROBIN, F BATY

Laboratoire d'Exploration Fonctionnelle de la Vision, Clinique Sourdille, Nantes

abcmedecine.com réf: 20473

Introduction

«En faisant de la sécurité routière un des trois grands chantiers de son quinquennat, le Président de la République a décidé de ne plus accepter l'inacceptable» : telle est l'annonce que l'on trouve dans le préambule du CISR (comité interministériel sur la sécurité routière) du 18 décembre 2002. Dans ce même texte, on note la volonté d'instituer «Une évaluation médicale de l'aptitude à la conduite» [1].

En France, un contrôle médical périodique était obligatoire uniquement pour les conducteurs professionnels tels que les chauffeurs de poids lourds, les ambulanciers ou les conducteurs de véhicules de ramassage scolaire... Il s'agit aujourd'hui d'étendre ce contrôle médical à tous les conducteurs de véhicules légers au moment de la délivrance du permis de conduire, durant leur vie active, sous forme de visites régulières obligatoires à partir de 75 ans.

L'un des objectifs ambitieux de ce CISR est de «réduire le nombre d'accidents corporels impliquant des conducteurs âgés» (685 tués et 5497 blessés en 2001 selon l'Observatoire national interministériel de sécurité routière). Il sera exigé «un certificat médical d'aptitude à la conduite» avant la délivrance du permis de conduire. Puis, pendant la vie active, «un module d'évaluation de l'aptitude à conduire sera inséré dans les visites médicales déjà mises en place». Pour les plus de 75 ans, «un examen d'aptitude médicale à conduire devra être effectué tous les 2 ans par un médecin de ville».

Pour la première fois, le CISR préconise des permis limités dans le temps (et cite l'interdiction de conduite de nuit), et/ou dans l'espace avec, par exemple, interdiction d'emprunter les autoroutes.

Parmi les nombreux problèmes auxquels seront confrontés le médecin généraliste, l'ophtalmologiste traitant, l'orthoptiste, et les centres d'aptitude pour cas litigieux, se pose celui du choix des techniques à utiliser dans un contexte de dépistage, d'aptitude ou de limitation du permis. Se posera également le problème des dérogations pour les très nombreux conducteurs ne répondant pas aux critères d'aptitude physique tels que décrits dans l'arrêté du 7 mai 1997 [2].

Alors que tous les pays membres de l'Union Européenne se sont alignés sur la directive du conseil du 29 juillet 1991, on s'aperçoit que chaque pays a mis en place des exigences parfois différentes tant au niveau de l'obtention que du renouvellement du permis de conduire [3], au regard des aptitudes physiques.

Vision des conducteurs et réglementation française actuelle

D'après les textes en vigueur, les postulants au permis de conduire ne sont adressés à la Commission Médicale des Permis que dans les cas suivants :

- Obtention du permis de conduire
 - en cas d'éveil de l'attention du moniteur d'auto-école devant une vision limite ;
 - lorsque le candidat est borgne ;
 - lorsque l'expert technique demande une visite médicale ;

- lorsque le candidat a déclaré être titulaire d'une pension d'invalidité ou avoir été réformé ;
- lorsque le candidat déclare être atteint d'une incapacité physique incompatible avec la délivrance ou le maintien du permis de conduire.
- Titulaires d'un permis
 - sur décision du préfet suite à un accident corporel ;
 - lorsqu'un conducteur est déféré devant la commission de suspension du permis de conduire ;
 - lorsque le conducteur a été frappé d'une affection permanente ou temporaire ;
 - lorsque le permis est annulé.

L'arrêté du 7 mai 1997 fixe la liste des incapacités physiques incompatibles avec l'obtention ou le maintien du permis de conduire ainsi que des affections susceptibles de donner lieu à la délivrance de permis de conduire de durée de validité limitée.

Les fonctions visuelles sont testées, s'il y a lieu, avec correction optique.

«2.1.1. Acuité visuelle en vision de loin :

Groupe léger (A, B, E(B)) : Incompatibilité si l'acuité est inférieure à 5/10 à l'épreuve d'acuité binoculaire en utilisant les deux yeux ensemble. Si un des deux yeux a une acuité visuelle nulle ou inférieure à 1/10, il y a incompatibilité si l'autre œil a une acuité visuelle inférieure à 6/10. Compatibilité temporaire dont la durée sera appréciée au cas par cas si l'acuité visuelle est limitée par rapport aux normes ci-dessus.

Groupe lourd (C, D, E(C), E(D)) : Incompatibilité si l'acuité visuelle est inférieure à 8/10 pour l'œil le meilleur et à 5/10 pour l'œil le moins bon. Si les valeurs de 8/10 et 5/10 sont atteintes par correction optique, il faut que l'acuité non corrigée de chaque œil atteigne 1/20, ou que la correction optique soit obtenue à l'aide de verres correcteurs d'une puissance ne dépassant pas + ou - 8 dioptries, ou à l'aide de lentilles cornéennes (vision non corrigée égale à 1/20). La correction doit être bien tolérée.

Pour les deux groupes, les acuités sont mesurées avec correction optique si elle existe déjà. Le certificat du médecin devra préciser l'obligation de correction optique.

En cas de perte de vision d'un œil (- de 1/10), délai d'au moins 6 mois avant de délivrer ou renouveler le permis et obligation de rétroviseurs bilatéraux. Avis du spécialiste si nécessaire.

Pour les deux groupes, avis spécialisé après toute intervention chirurgicale modifiant la réfraction oculaire.

2.1.2 Champ visuel

Groupe léger (A, B, E(B)) : Incompatibilité si le champ visuel binoculaire horizontal est inférieur à 120°. Incompatibilité de toute atteinte du champ visuel du bon œil si l'acuité d'un des deux yeux est nulle ou inférieure à 1/10.

Groupe lourd (C, D, E(C), E(D)) : Incompatibilité de toute altération pathologique du champ visuel binoculaire.

Avis du spécialiste en cas d'altération du champ visuel.

2.1.3 Dyschromatopsies (vision des couleurs)

Les troubles de la vision des couleurs sont compatibles. Le candidat en sera averti, en particulier dans le groupe Lourd du fait des risques additionnels liés à la conduite de ce type de véhicules.

2.2 Pathologie oculaire

2.2.2 Héméralopie : Incompatibilité des troubles de la vision nocturne.

2.2.4 Nystagmus : Aptitude à apprécier en fonction de la sévérité du nystagmus. Voir paragraphes 2.1.1 et 2.1.2

Observations : Avis du spécialiste.

2.2.5 Troubles de la mobilité :

Incompatibilité des blépharospasmes incœrcibles.

Incompatibilité des diplopies permanentes. Observations : Avis du spécialiste.

2.2.6 Hémianopsies : Incompatibilité des hémianopsies permanentes

Observations : Avis du spécialiste (voir paragraphe 2.1.2).»

Les fonctions visuelles demandées par la législation

La plupart des pays européens, le Canada, les USA, l'Australie, la Nouvelle-Zélande ont tous rédigés des recommandations, des guides du médecin, destinés à préciser les normes visuelles, les tests visuels à employer dans un cadre de dépistage de masse, les pathologies à risque. La plupart de ces recommandations insistent surtout sur deux grandes fonctions visuelles, à savoir l'acuité visuelle et le champ visuel (cf. l'article de B. Le Bail dans cet ouvrage [4]). Les techniques d'exploration de ces deux principales fonctions visuelles varient selon les pays européens, ce qui a pour conséquence de rendre l'analyse bibliographique des différents standards européens complexe.

Nous commencerons par une présentation des fonctions visuelles citées dans la législation européenne, française, belge, canadienne, puis par des fonctions visuelles non directement citées mais nécessaires à une décision d'aptitude dans de nombreux cas pathologiques, puis nous tenterons une synthèse.

L'acuité visuelle

L'acuité visuelle se réfère au pouvoir de discrimination le plus fin au contraste maximal entre un test et son fond. D'autres définitions existent [5].

Pour les orthoptistes, les opticiens, les ophtalmologistes, la mesure clinique en routine de l'acuité visuelle (V) est définie comme une mesure de la capacité à reconnaître des optotypes à contraste élevé représentés en noir sur fond blanc (Figure 1) [6].

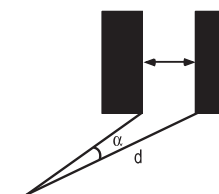


Figure 1 : Acuité angulaire

Elle est définie comme étant l'expression du pouvoir de résolution de l'œil, ou minimum séparable, ou encore minimum de résolution. C'est le plus petit écart permettant de voir deux points noirs séparés sur fond blanc. L'angle sous lequel est vu cet espace correspond à l'acuité angulaire et s'exprime par :

$$\text{angle } \alpha = \text{tangente } \alpha = \text{distance entre les deux points} / \text{distance d'observation}$$

(α = tangente α , car α est petit)

Cette taille angulaire est exprimée en minutes d'arc ; c'est le classique pouvoir séparable. L'acuité angulaire (V) est exprimée par l'inverse de cet angle α .

$$V = 1/\alpha$$

La valeur de 1 minute d'arc a été choisie uniformément comme référence de normalité [6,7] depuis les travaux d'Helmholtz. Selon le pays d'origine et les méthodes utilisées, on retrouve plusieurs notations différentes de l'acuité visuelle :

Notation décimale

Exprimée par l'inverse de la valeur du plus petit angle (en minutes d'arc) sous lequel un détail est vu. Cette formule permet de passer de la notation «d'angle visuel en minutes d'arc» (ou ARM - MAR) à la notation en fraction décimale et réciproquement.

Exemple : pour α (ARM) = 10 mn on a $V = 1/10 = 0,1$ en fraction décimale

Cette notation est indépendante de la distance d'examen.

Notation de Monoyer

Il s'agit d'une notation utilisée en France où le dénominateur est 10 pour les acuités comprises entre 1/10 et 10/10. Par contre, pour les acuités inférieures à 1/10, c'est le numérateur qui ne change plus et est fixé à 1.

Les échelles d'acuité visuelle de type Monoyer sont des échelles décimales avec une progression arithmétique de raison 1/10. Dans le Tableau 1 de correspondance entre les notations d'acuité visuelle, les acuités de 7/10 et 9/10 n'apparaissent pas. L'inconvénient majeur qui justifie à lui seul l'abandon de telles échelles décimales est que la différence d'angle apparent est beaucoup plus grande entre 1/10 et 2/10 qu'entre 9/10 et 10/10 (Figure 2). Cependant, cette notation décimale est très simple, d'une grande facilité d'emploi.

Notation en fraction de Snellen

C'est la notation probablement la plus utilisée dans le monde (Figure 3).

$$V = d/D$$

d = distance à laquelle l'objet est juste perçu.

D = distance à laquelle le détail qui permet de reconnaître l'objet (en équivalent d'un anneau de Landolt) sous-tend un angle de 1 minute d'arc.

L'équation de Snellen est dérivée de l'équation fondamentale $V = 1/A$ car on montre que $A = D/d$. La notation de Snellen est la plus adéquate lorsque la distance d'examen n'est pas constante.

$$V = d/D = 1/A$$

En notation Snellen d peut prendre 4 valeurs : 4, 5, 6 mètres ou 20 pieds. On en déduit très facilement les valeurs de A en minutes d'arc. Pour les lettres, la largeur du trait représente le détail critique. Cette notation est dépendante de la distance d'examen.

Il existe deux types de notation :

- Notation angulaire : exprimée en minutes d'angle.
- Notation en log(ARM) : le logarithme de l'angle de résolution minimum (ARM). C'est la notation à utiliser préférentiellement surtout en cas d'étude statistique conduisant à faire des moyennes et des écarts-types d'acuité visuelle [8]. Le logarithme ARM (ou logarithme MAR pour les anglo-saxons) se rapporte au logarithme (de base 10) de l'angle visuel en minutes d'arc de l'espace dont l'optotype est équivalent à l'anneau de Landolt. Dans une échelle d'acuité visuelle logarithmique comme l'échelle ETDRS [9], le rapport de la dimension d'un optotype à celle de l'optotype de dimension immédiatement inférieure doit être égal à 1,2589 (Figure 4).

La formule pour passer de la notation en angle visuel à la notation Log MAR est la suivante :

$$\text{logarithme de base 10 (angle visuel en minutes d'arc)} = \text{notation Log MAR}$$

Cette notation est indépendante de la distance d'examen.

Exemple : $\alpha = 2$ mn d'arc ; $V = \text{Log}_{10}(\alpha) = \text{log}(2) = +0,3$ soit $\text{log MAR} = +0,3$

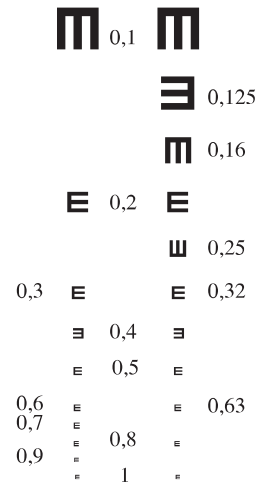


Figure 2 : Numérotation décimale à gauche, numérotation logarithmique à droite



Figure 3 : E de Snellen

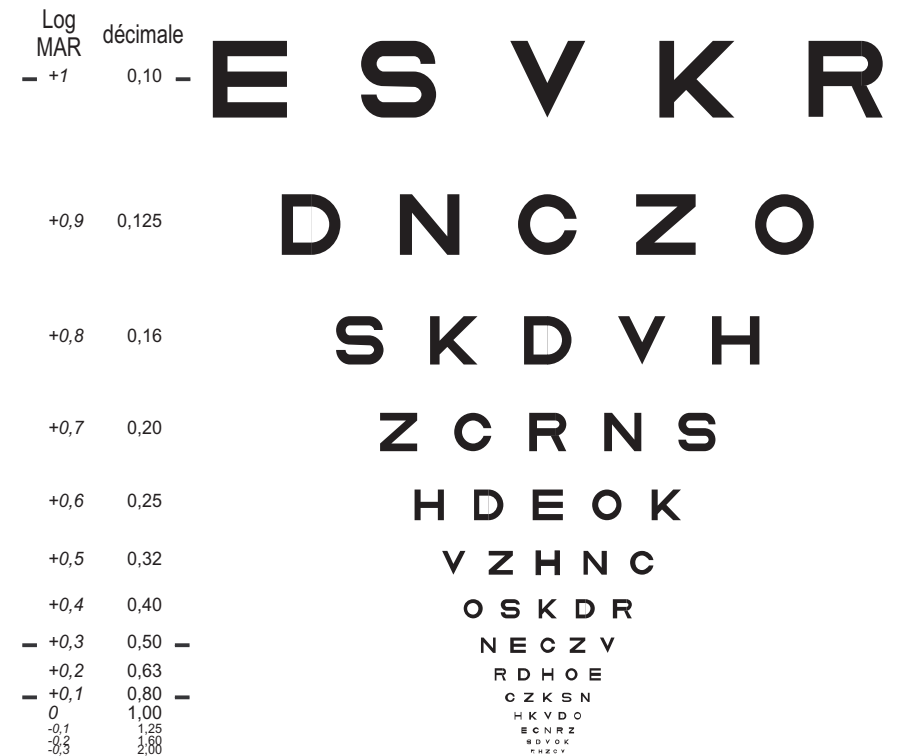


Figure 4 : Échelle logarithmique avec notation en log MAR (type lissac 2003)

Notation ETDRS

Directement issue des travaux de Ferris [9], une nouvelle notation d'acuité visuelle a été préconisée par la «Early Treatment Diabetic Retinopathy Study». En fait on parle de «score ETDRS». Il ne peut s'utiliser qu'avec des planches d'acuité visuelle logarithmiques respectant les normes internationales (en particulier la norme ISO 8596). Par exemple, les planches d'acuité visuelle de Bailey [10], de Sander-Zanlonghi [11], de Ferris [9] (distribuée par Lighthouse, New-York), permettent de calculer un «score ETDRS». Ces planches comportent 5 lettres par ligne, la valeur de Log MAR entre chaque ligne est de -0,1. Une valeur moyenne de -0,02 unités Log MAR est attribuée à chaque lettre. Les cliniciens sont habitués à une notation en Snellen, en décimale, alors que dans une notation en Log MAR sa valeur diminue lorsque l'acuité visuelle en décimale augmente. Le score ETDRS varie dans le même sens que l'acuité visuelle en notation décimale.

La formule pour passer d'une notation ETDRS à une notation Log MAR est la suivante :

$$\text{Score ETDRS} = 85 - 50 \text{ Log MAR}$$

Ce score n'est pas adapté aux très basses acuités visuelles, c'est-à-dire en dessous de 0,025 (1/40).

Norme internationale

L'optotype normalisé est l'anneau brisé de Landolt. L'unité d'acuité visuelle correspond à la reconnaissance d'un anneau dont la brisure est vue sous un angle de 1' avec un diamètre apparent de 5', l'acuité étant à progression logarithmique. C'est d'ailleurs l'optotype utilisé dans les centres d'expertise de l'aviation.



Figure 5 : Anneau de Landolt

Principales échelles d'acuité visuelle utilisables dans un contexte de conduite

Les principaux optotypes pour adultes utilisés dans les échelles d'acuité visuelle sont les suivants :

- échelles de lettres, échelles de chiffres,
- E de Snellen,
- anneaux de Landolt (C),
- crochet (U),
- damier,
- dessins pour les illettrés.

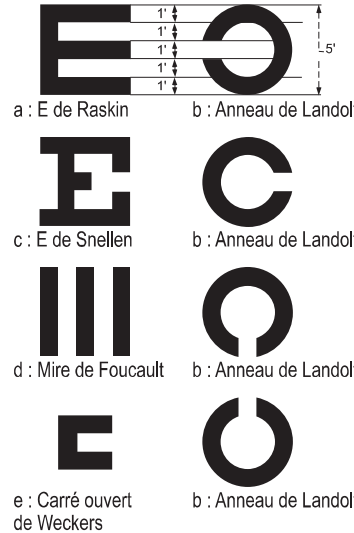


Figure 6 : Différents types d'optotypes

Figure 6 :

Remarque : pour les échelles de lettres ou de chiffres, le sujet cherche à reconnaître une forme et non un détail ; on parle alors d'acuité morphoscopique. Le critère est le minimum lisible plutôt que le minimum séparable. Ces tests d'acuité visuelle doivent être utilisés en étant conscient que l'on fait appel ici à d'autres capacités que les capacités purement visuelles puisque la mémoire et l'apprentissage interviennent, entre autres. Ainsi, des personnes de cultures différentes ou illettrées peuvent être pénalisées pour des raisons indépendantes de facteurs purement visuels.

Diverses progressions de la taille du détail à reconnaître ont été proposées :

- Progression arithmétique du numérateur, avec, par exemple, une notation décimale pour l'échelle de Monoyer : 1/10, 2/10, 3/10, 4/10, 5/10, 6/10, 7/10, 8/10, 9/10, 10/10.
- Progression arithmétique du dénominateur : 1/10, 1/9, 1/8, 1/7, 1/6, 1/5 1/4, 1/3, 1/2, 1.
- Progression logarithmique de Bailey-Lovie «acuity chart» de raison 1,26 présente 5 lettres sur chaque ligne avec une taille de progression de 26 % (les espaces entre les lettres et les lignes étant proportionnels à la taille des lettres), où une amélioration d'une ligne correspond à 0,1 unités log(AMR). Les acuités vont de 20/125 à 20/3.

Recommandation pour la mesure de l'acuité visuelle dans le cadre d'une aptitude visuelle à la conduite

Nous rappelons les valeurs importantes : 5/10 et 8/10.

Pour la conduite d'un véhicule, c'est l'acuité visuelle de loin dont il faut tenir compte. Malgré son intérêt, la mesure de l'acuité visuelle en vision intermédiaire (type lecture du

tableau de bord) ou en vision de près n'est pas recommandée. L'acuité visuelle de loin doit être mesurée avec la correction habituelle en situation de conduite (lunettes et/ou lentilles cornéennes) pour le permis léger, avec et sans correction pour le permis lourd.

Tableau 1 : Correspondance entre les différentes notations de l'acuité visuelle en vision de loin

A = angle visuel (ARM - MAR) (minutes d'arc) (1)	Valeur Log MAR (1)	Notation Monoyer (2)	Fraction décimale (3)	Notation de Snellen				Score ETDRS	Notation en cycles par degré (réseaux sinusoidaux de luminance)
Notation indépendante de la distance				Notation dépendante de la distance				Notation indépendante de la distance	
				Distance de mesure					
				4 mètres	5 mètres	6 mètres	20 pieds		
200	+ 2,3	1/200 (voit bouger la main)	0,005				20/4000		
120	+ 2,1	1/120	0,008	4/480		6/720	20/2400		0,25
100	+ 2	1/100 (CLD à 30 cm)	0,010	4/400	5/500	6/600	20/2000		0,3
80	+ 1,9	1/80	0,0125	4/320	5/400	6/480	20/1600		0,375
60	+ 1,8	1/60	0,016	4/240	5/300	6/360	20/1200		0,5
50	+ 1,7	1/50 (CLD à 1 m)	0,020	4/200	5/250	6/300	20/1000		0,6
40	+ 1,6	1/40	0,025	4/160	5/200	6/240	20/800	5	0,75
30	+ 1,5	1/30	0,033	4/120	5/150	6/180	20/600	10	1
25	+ 1,4	1/25	0,04	4/100	5/125	6/150	20/500	15	1,2
20	+ 1,3	1/20	0,05	4/80	5/100	6/120	20/400	20	1,5
16	+ 1,2	1/16	0,063 (0,06)	4/63	5/80	6/95	20/320	25	1,88
12,50	+ 1,1	1/12	0,08	4/50	5/63	6/75	20/250	30	2,4
10	+ 1	1/10	0,10	4/40	5/50	6/60	20/200	35	3
8	+ 0,9	1,25/10	0,125	4/32	5/40	6/48	20/160	40	3,75
6,30	+ 0,8	1,6/10	0,16	4/25	5/32	6/38	20/125	45	4,8
5	+ 0,7	2/10	0,20	4/20	5/25	6/30	20/100	50	6
4	+ 0,6	2,5/10	0,25	4/16	5/20	6/24	20/80	55	7,5
3,20	+ 0,5	3,2/10	0,32 (0,3)	4/12,5	5/16	6/19	20/63	60	9,4
2,50	+ 0,4	4/10	0,40	4/10	5/12,5	6/15	20/50	65	12
2	+ 0,3	5/10	0,50	4/8	5/10	6/12	20/40	70	15
1,60	+ 0,2	6,3/10	0,63 (0,6)	4/6,3	5/8	6/9,5	20/32	75	18,75
1,25	+ 0,1	8/10 (7/10)	0,80	4/5	5/6,3	6/7,5	20/25	80	24
1	0	10/10 (9/10)	1	4/4	5/5	6/6	20/20	85	30
0,80	- 0,1	12,5/10	1,25	4/3,2	5/4	6/4,8	20/16	90	37,5
0,63	- 0,2	16/10	1,6	4/2,5	5/3,2	6/3,8	20/12,5	95	48
0,50	- 0,3	20/10	2	4/2	5/2,5	6/3	20/10	100	60

1- seule les notations en angle visuel sont des valeurs exactes. Les notations en Log MAR sont des valeurs exactes à un chiffre après la virgule. Toutes les autres valeurs sont approchées dans des tolérances précises [6].

2- Notation courante

3- N'utiliser les valeurs entre parenthèses que pour identifier le degré d'acuité visuelle (NORME ISO 8596)

L'acuité visuelle est mesurée en utilisant une échelle logarithmique selon les normes et recommandations internationales. Pour les échelles comportant 5 optotypes par niveau d'acuité visuelle, 3 optotypes reconnus sur 5 sont nécessaires pour que l'acuité visuelle au niveau testé soit validée [6].

La distance recommandée entre l'œil examiné et le test d'acuité visuelle est de 4 mètres (normes internationales). Une distance supérieure est possible, à condition d'utiliser des optotypes construits pour cette distance.

Afin d'éviter les problèmes de mémorisation entre les mesures faites avec l'œil droit, avec l'œil gauche et en binoculaire, nous recommandons de changer de planche d'acuité visuelle entre chaque œil testé et entre les mesures monoculaires et binoculaires.

Plusieurs types de tests d'acuité visuelle peuvent être utilisés : projecteur, planche cartonnée, écran LCD, cathodique. Dans tous les cas, la photométrie des zones blanches doit être d'au minimum 80 candélas/m². Dans la législation, l'acuité visuelle statique doit être mesurée en condition d'éclairage photopique. On évitera les tests d'acuité visuelle éclairés par la lumière du jour, afin d'harmoniser les mesures successives, et afin d'éviter le problème des verres photochromiques qui s'assombrissent sous l'action des UV. Cependant, l'acuité visuelle peut être mesurée dans d'autres conditions, pour des optotypes dynamiques et pour des conditions d'éclairage variables (scotopique, mésopique et photopique). Ces tests seront détaillés plus loin.

Le champ visuel

Une bonne vision périphérique est gage de sécurité. De même le champ visuel doit être de bonne qualité de façon continue surtout sur le méridien horizontal (Figure 7). Un important scotome, un rétrécissement périphérique du champ visuel peuvent rendre la conduite dangereuse (Figure 8). C'est d'ailleurs toute la difficulté d'apprécier une dangerosité liée à une atteinte visuelle périphérique qui rend nécessaire, dès que le champ visuel de dépistage par confrontation est anormal, le recours à un orthoptiste et à un ophtalmologiste.



Figure 7 : Importance d'un champ visuel périphérique
A- Photographie.

B- Simulation de l'acuité visuelle dans les différentes parties du champ visuel chez un sujet normal.



Figure 8 : Pathologies ophtalmologiques et conduite
Simulation de la vision au volant de patient souffrant de A- Cataracte. B- DMLA centrale sèche de moyenne importance. C - Glaucome très grave sur l'oeil droit et grave sur l'oeil gauche.

Idéalement en situation de conduite, il faudrait tester le champ visuel utile qui est la partie de l'espace extérieur perçu par les 2 yeux. Pour l'apprécier, il faut associer une mesure de champ visuel binoculaire en coupole et des techniques de champ visuel tenant compte du balayage continu des yeux et de la tête : technique de champ visuel attentionnel ou UFOV [12], technique de stratégie du regard [13].

Autotest

En pratique, le candidat peut tester lui même sa vision périphérique comme dans le questionnaire belge du CARA [4]. Voici l'explication à donner :

"Vous pouvez tester vous-même votre vision latérale (champ visuel binoculaire) : regarder droit devant vous un petit objet très éloigné (d'au minimum cinq mètres). Tendez vos deux bras droit devant vous, poings fermés et les deux pouces en l'air. Vos deux bras sont parallèles. Tout en regardant fixement le petit objet éloigné, sans bouger ni votre corps, ni votre tête, ni vos yeux, écarterez lentement vos deux bras, toujours tendus, en même temps vers les côtés. A aucun moment les pouces ne doivent disparaître de votre vision latérale, sauf lorsqu'ils arrivent très loin sur le côté, c'est-à-dire lorsque vos deux bras sont approximativement dans le prolongement l'un de l'autre."

Dépistage de masse

En pratique de dépistage de masse, la technique de champ visuel binoculaire par confrontation doit être réalisée : l'examineur compare son champ visuel avec celui du sujet. Vous pouvez faire un test très simple à la personne présentant peut-être une atteinte de son champ visuel avec vos doigts :

1 - Vous, l'examineur, vous tenez face au visage du sujet à environ 60-70 cm.

2 - Le sujet regarde avec ses deux yeux votre visage (par exemple votre nez).

3 - Vous lui présentez un mouvement de votre doigt ou d'un crayon tenu à la main de la périphérie vers son visage à sa droite puis à sa gauche, en haut, puis en bas (Figure 9).

4- Le sujet doit répondre qu'il voit le mouvement sur les côtés jusqu'à au moins 90° par rapport à la vision droit devant, et d'environ 70° en haut et en bas.

5- Il ne doit pas y avoir de trou de vision entre les réponses au test présenté loin sur le côté et droit devant.

Lorsque le champ visuel de dépistage (technique de confrontation au doigt) retrouve une déficience, un examen complet s'impose. Il sera réalisé par un orthoptiste ou un ophtalmologiste.

Périmétrie de Goldmann - Technique d'Esterman

La technique de choix est un examen de périmétrie au Goldmann qui reste l'examen de référence (Association Médicale Canadienne). La législation européenne pour les permis légers impose 120° sur le méridien horizontal. Au Québec, le texte est plus précis puisqu'un conducteur est inapte aux véhicules légers lorsque "le champ visuel horizontal



Figure 9 : Dépistage simple de troubles du champ visuel
A- Position de l'examineur. B- Position du sujet.

continu lorsque les deux yeux sont ouverts en même temps est inférieur à 100° globalement ou inférieur à 30° d'un côté de la ligne médiane verticale".

La procédure de choix dans un cadre de dépistage est la technique d'Esterman en champ visuel binoculaire. Le champ visuel binoculaire correspond à l'espace perçu par les deux yeux immobiles fixant droit devant. Il s'étend sur 120 degrés, encadré de part et d'autre d'un croissant de perception monoculaire de 30°. C'est Esterman qui a proposé en 1968 une carte de pondération du champ visuel binoculaire, afin de permettre l'évaluation quantitative d'une atteinte périmétrique sur la vie quotidienne d'un patient. Modifiée par Foels et Jonquères [46], elle divise le champ visuel en 85 rectangles de surface inégale. Chaque rectangle non vu donne 1 % de taux médical d'incapacité (Figure 10).

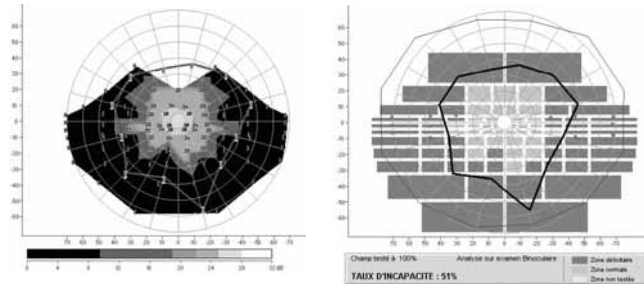


Figure 10 : Rétinopathie pigmentaire

Patient de 35 ans présentant un rétrécissement concentrique du champ visuel lié à une rétinopathie pigmentaire. Le score d'Esterman est de 74 %. Dans le cadre d'une aptitude à la conduite, sur le méridien horizontal, le champ visuel est inférieur à 120° sur le méridien horizontal. Il est donc inapte à tous les permis. Cependant, tous les tests de compensation sont excellents, y compris une mise en situation en auto-école spécialisée, ou le moniteur d'auto-école l'a déclaré apte après un grand nombre d'épreuves de conduite (ronds-points, croisement, stop, piétons, manœuvre, ...).

Certaines zones "stratégiques" pour la vie courante sont privilégiées : champ central, champ inférieur pour la marche, champ périphérique autour du méridien horizontal.

Certains périmètres automatisés possèdent des procédures qui calculent automatiquement le score d'Esterman appelé en France le taux médical d'incapacité en champ visuel (Moniteur Ophtalmologique® www.metrovision.fr). D'autres périmètres utilisent une carte de pondération américaine non adaptée à la France (120 rectangles sur l'Humphrey® [14]).

Par ailleurs, l'intérêt du champ visuel binoculaire à la coupole de Goldmann est plus fonctionnel que diagnostique. Au-delà de l'attribution d'un taux d'incapacité, ou de l'attribution d'une aptitude, il participe à l'évaluation des possibilités visuelles des déficiences visuelles de tout type [15].

Il faut cependant nuancer les inaptitudes pour atteintes du champ visuel périphérique. Certes, la périphérie du champ visuel est indispensable à l'observation de la bonne arrivée du trafic [16], mais certains patients atteints d'hémianopsies latérales homonymes (90° de champ visuel restant alors qu'il faut 120° pour être apte), voire de champ visuel tubulaire, peuvent compenser l'oblitération d'une partie importante de leur champ de vision par un balayage continu des yeux et de la tête (technique de rééducation dite scanning) (Figures 11 et 12)..

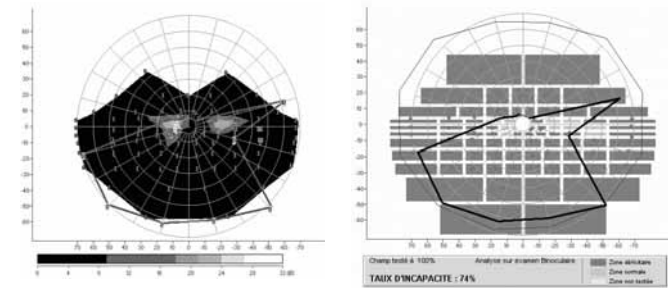


Figure 11 : Rétrécissement concentrique du champ visuel
Patient de 25 ans cérébro-lésé présentant un rétrécissement concentrique du champ visuel lié en partie à une intoxication rétinienne au Sabril®.

51 rectangles roses testés en statique ne sont pas vus avec un index Goldmann III/4.

Le score d'Esterman ou taux médical d'incapacité en champ visuel est de 51 %, valeur à retenir en expertise. Dans le cadre d'une aptitude à la conduite, sur le méridien horizontal, le champ visuel est inférieur à 120° sur le méridien horizontal. Il est donc inapte à tous les permis.

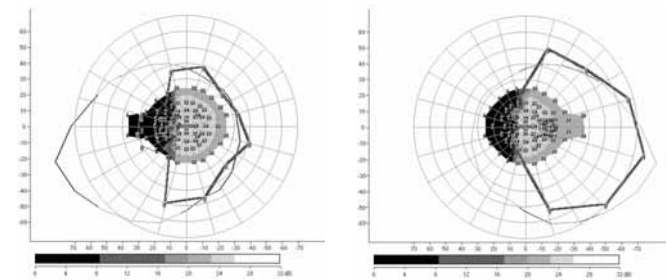


Figure 12 : Hémianopsie latérale homonyme

Patiente de 21ans présentant une hémianopsie latérale homonyme gauche congénitale.

Dans le cadre d'une aptitude à la conduite, le champ visuel est inférieur à 120° sur le méridien horizontal. Elle est donc inapte au permis léger.

Or, tous les tests de compensation sont excellents, y compris une mise en situation en auto-école spécialisée. Elle a donc eu son permis sans aucun contrôle régulier obligatoire.

Recommandations pour la mesure du champ visuel dans le cadre d'une aptitude visuelle à la conduite

Nous rappelons les valeurs importantes : 120° en champ visuel binoculaire pour le permis léger, aucune atteinte pathologique du champ visuel binoculaire n'est tolérée pour les permis professionnels.

En aptitude à la conduite, et en l'absence de recommandations spécifiques françaises, en Goldmann manuel, il semble raisonnable de respecter les paramètres de présentation usuels pour l'examen du champ visuel : isoptère périphérique en cinétique en III/4/e, vitesse de déplacement du spot de 2 à 3 degrés par seconde, éclairage du fond égal à 10 candelas/m², absence de filtres colorés. Il faut superposer au tracé papier un calque dessinant les 85 rectangles, qu'il faut bien sur étudier en vu/non vu [17]. A noter qu'un seul pays recommande un index de V/4, à savoir la Belgique (Figure 13).

Deux attitudes différentes prévalent pour le port ou non de la correction optique pendant la réalisation du champ visuel binoculaire. Au Québec, le champ visuel binoculaire est réalisé avec la correction optique du candidat lorsque la puissance dépasse les 10 dioptries. Par contre en Belgique, le champ visuel binoculaire se réalise toujours avec la correction optique que le candidat utilise en conduite. Devant la mode des verres de tout petit diamètre entraînant des effets de bord avec des disparités d'image, devant le fait que des verres de fortes puissances affectent plus ou moins le champ visuel, nous recommandons de réaliser un relevé de l'ensemble champ visuel binoculaire avec la correction optique que le candidat utilise en conduite.

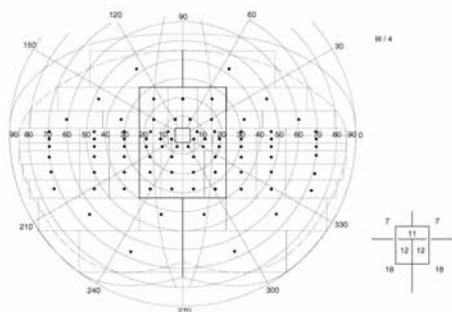


Figure 13 : Score d'Esternan
Chaque rectangle non vu
donne 1 % de taux médical d'incapacité.

En champ visuel automatisé, le meilleur compromis est de tester la périphérie en cinétique avec un isoptère en III/4 suivi d'un champ visuel de dépistage vu - non vu toujours en III/4 mais en statique cette fois-ci, en testant les 85 rectangles (Figure 12).

Le champ visuel binoculaire réalisé les deux yeux ouverts en couple de Goldmann nécessite un contrôle de la fixation.

Nous déconseillons de superposer deux champs visuels monoculaires afin de tenter d'estimer le champ visuel binoculaire du patient, le phénomène de complétion binoculaire n'étant pas alors pris en compte (Figure 14).

Une définition du champ visuel binoculaire pathologique doit être précisée aux médecins agréés, aux ophtalmologistes.

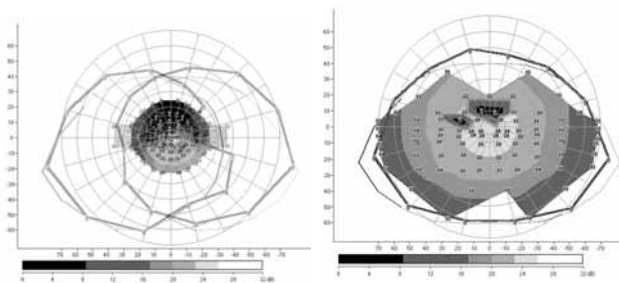


Figure 14 : Complétion binoculaire
La superposition des deux champs visuels monoculaires donne une estimation du champ visuel binoculaire beaucoup plus pessimiste que sa mesure directe. Chez ce patient présentant un large scotome à chaque oeil, le champ visuel binoculaire ne retrouve qu'un scotome beaucoup plus réduit.

NB :

Les tests de champs visuels centraux (type octopus 1-2-3), les tests de type campimétrie (relevé du champ visuel effectué sur un écran plan), grille d'Amsler (carré quadrillé au centre duquel se trouve le point de fixation du sujet), «Friedman visual field analyser» (appareil de campimétrie statique à stimuli multiples), n'ont aucun intérêt dans le cadre de l'étude du champ visuel binoculaire en situation de conduite.

Les appareils de dépistage [36] de type «Ergovision et visiotest avec dispositif de campitest»), ne nous semble pas adapté à la recherche de déficit visuel périphérique, centraux, paracentraux incompatibles avec la conduite.

Le cas particulier du champ visuel attentionnel et de l'attention visuelle

Les aspects sensoriels impliquant le récepteur visuel ne sont pas les seuls mis en cause dans la prise et le traitement de l'information visuelle dans une situation de conduite. Des phénomènes plus cognitifs sont à prendre en compte.

La notion de champ visuel doit être élargie à celle de champ de regard ou champ de vision, puisque dans une situation réelle de conduite, la tête et les yeux du conducteur ne sont pas immobiles. On parle alors de champ d'exploration ou champ fonctionnel de vision.

Méthodes de mesure du champ de regard

Les méthodes de mesure des champs de vision sont fondamentalement différentes en fonction des objectifs visés par la mesure. Soit ces mesures sont réalisées dans un objectif clinique à la recherche ou pour le suivi d'une pathologie [14], soit certaines mesures sont réalisées dans un contexte ergonomique, c'est-à-dire lors de la réalisation de tâches particulières. Les différentes méthodes ont été répertoriées par [18].

Champ visuel, champ de regard et ergonomie visuelle

Pour l'exploration de ce que nous appelons le champ visuo-attentionnel des individus, différents types de mesures ont été élaborés. Nous pouvons distinguer arbitrairement deux types de perception dans le champ visuel :

- La perception «statique» fait référence au champ de l'œil fixe, elle est analysée pour des temps de présentation des informations très courts : technique tachistoscopique (voir article de J. Charlier, Figure 12).
- La perception «dynamique», ou champ d'exploration, dans le cas où l'œil et/ou la tête sont mobiles, est analysée pour des temps de présentation d'information parfois plus longs. L'évaluation du champ visuel dynamique est nettement plus complexe. Dans ce cas, les mouvements des yeux et de la tête sont libres, les stratégies exploratoires, définies par la succession de saccades oculaires et de fixations, peuvent donc être très variables. De cette succession émerge la notion de champ fonctionnel de vision dynamique. Deux types de méthodes sont couramment utilisées pour mesurer le champ visuel dynamique, l'électro-oculographie et l'oculométrie (photo-oculographie [43]). Ces techniques permettent d'apprécier voire de quantifier les stratégies de recherche d'information. Ces stratégies sont modifiées en fonction de certaines caractéristiques dépendant du type de conducteur, mais aussi en fonction de caractéristiques de la scène routière ou de l'environnement (Figures 15 et 16).

Recommandations pour la mesure du champ visuel attentionnel dans le cadre d'une aptitude visuelle à la conduite

Malgré la simplification des appareillages, ces techniques d'évaluation doivent être réservées à des experts et centres agréés surtout pour les candidats présentant des atteintes neuro-ophtalmologiques et pour tous les candidats demandant une dérogation en particulier en cas de champ visuel binoculaire inférieur à 120° sur le méridien horizontal.

La vision des couleurs

Il existe une littérature contradictoire entre, d'une part, le fait que les daltoniens commettent de multiples erreurs dans les tests cliniques mais aussi dans des conditions expérimentales et, d'autre part, la grande rareté des accidents leur étant imputables (synthèse bibliographique par Lanthony [19]).

Il en résulte que les règlements du code de la route autorisent la conduite des véhicules pour toutes les catégories (A, A1, B, C, D, E, F) à tous les types de daltonien. La position

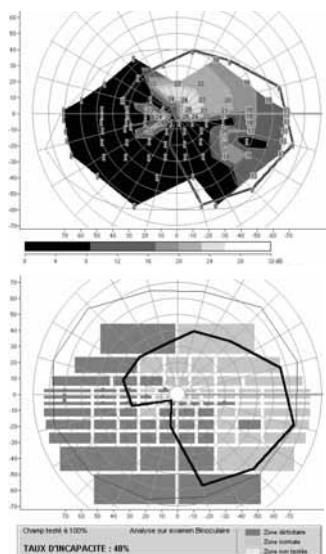
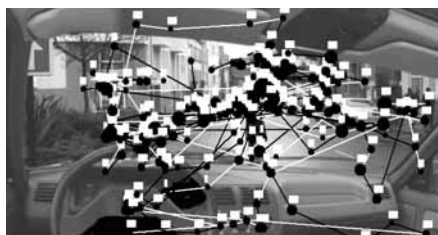


Figure 15 : Etude du champ visuo-attentionnel
 Glaucome diagnostiqué à 30 ans ; Chirurgie du glaucome ODG à 50 ans. Papilles très excavées à C/D 0,9 depuis 20 ans et stable avec PIO = 12 ; A 60 ans : 25 000 Km par an ; A 70 ans : 12 000 Km par an ; N'a jamais eu d'accident ; Décrit uniquement une gêne importante à la conduite nocturne. Comparaison d'un champ visuel binoculaire qui montre une perte pratiquement totale de tout l'hémichamp visuel gauche. Une étude de champ visuel dynamique enregistrée par photo-oculographie (Métrovision) montre une pauvreté d'exploration du champ du regard vers la gauche. Ce candidat est inapte en regard du décret de 1997 (acuité et champ visuel binoculaire) et est inapte en terme de performance du champ de regard par photo-oculographie.



Figure 16 : Etude de champ visuel dynamique enregistrée par photo-oculographie

Etude de champ visuel dynamique enregistrée par photo-oculographie (www.metrovision.fr) montrant une excellente stratégie d'exploration du champ du regard dans toutes les directions, vers tous les dangers et signalisation importante. Il s'agit du même patient que celui de la Fig. 10 plus haut.



des feux et des couleurs de ceux-ci étant normalisée, les dichromates qui ne reconnaissent les feux que par leurs positions (rouge en haut, vert en bas) sont considérés comme apte. Le CARA en Belgique ne teste même pas la vision colorée. Par contre au Québec, un daltonien qui montre un déficit sévère ou total de la perception du rouge, du vert ou du jaune aux tests de Farnsworth D-15 ou à l'Ishihara est déclaré inapte à la conduite d'un véhicule lourd articulé, d'un autobus, d'un minibus ou d'un véhicule d'urgence. Il existe cependant de nombreuses dérogations en particulier si le conducteur dichromate démontre qu'il distingue bien les feux de circulation. En France seul les métiers de sécurité de type pompier professionnel pose des problèmes d'aptitude.

Recommandations pour la mesure de la vision des couleurs dans le cadre d'une aptitude visuelle à la conduite

L'ishihara adulte doit être utilisé en binoculaire, avec la correction optique en vision rapprochée si nécessaire, et en veillant à ce que les verres ne soient pas teintés. En cas de doute sur l'importance du daltonisme, nous recommandons l'utilisation du 15 Hue désaturé de Lanthony. 1 garçon sur 10 étant daltonien, la recherche d'une dyschromatopsie par l'interrogatoire ou par l'Ishihara est nécessaire pour tous les permis professionnels. Il faut en effet s'assurer que le daltonien est bien conscient de son déficit coloré. Il se discute l'intérêt d'une recherche systématique d'un daltonisme pour les permis légers.

Les autres fonctions visuelles non demandées par la législation française actuelle

Hyvarinen, Perdriel et Langlois ont décrit les autres fonctions visuelles à considérer dans une tâche de conduite en dehors de l'acuité visuelle centrale et du champ visuel périphérique [20-21].

Sont à considérer :

- l'éblouissement, la vision de nuit,
- l'adaptation visuelle, la vision des contrastes,
- l'acuité visuelle dynamique, la perception du mouvement,
- les capacités de détection et de discrimination.

Eblouissement

L'éblouissement est caractérisé par l'entrée dans le champ visuel d'une source lumineuse importante. Dans le cas d'un sujet adapté à l'obscurité, cet éblouissement est d'autant plus important du fait de l'augmentation de sensibilité de la rétine.

Lors de la vision nocturne, les éblouissements sont très perturbateurs: «le rôle nocif des éclairagements intenses et prolongés se fait sentir pendant plusieurs jours.» G.E. Jayle [22].

Définitions de l'éblouissement : condition de vision dans laquelle l'observateur éprouve soit une gêne, soit une réduction de l'aptitude à distinguer des objets, soit les deux simultanément, par suite de la présence dans le champ visuel d'une source lumineuse trop intense. Une source donnée peut être éblouissante ou non suivant que la rétine est adaptée à un niveau lumineux faible ou élevé. On distingue deux types d'éblouissement : l'éblouissement simultané dû à la présence de luminances très différentes au même moment et l'éblouissement successif dû à une variation de la luminance dans le temps.

On distingue généralement différents niveaux d'éblouissement [23] :

- Le stade d'inconfort ;
- Le stade d'incapacité :
 - apparition de post-images colorées,
 - scotome central important et baisse d'acuité visuelle de 0,1 (1/10) à 0,2 (2/10),
 - vision colorée et du contraste disparaissent momentanément et l'on observe parfois des troubles binoculaires.
- Le stade des lésions rétinienne.

Maurin parle «d'éblouissement chaque fois que le niveau d'adaptation lumineuse augmente brutalement : la quantité de lumière pour le provoquer dépend alors du niveau préalable d'adaptation». On voit donc que l'éblouissement est un phénomène relatif à l'adaptation rétinienne mais aussi à la sensibilité personnelle du patient.

Les problèmes d'éblouissement ont été étudiés et modélisés en ambiance photopique par Safran [1995].

Il existe différents types d'éblouissement : celui-ci peut être ponctuel (et donc ne concerner qu'une partie de la rétine) ou plus global, voire total, et toucher ainsi l'ensemble du champ visuel. L'état de la rétine est également important, suivant le degré d'adaptation à la lumière ou à l'obscurité. On peut donc réaliser de nombreuses combinaisons, c'est pourquoi il existe différents appareils et protocoles. Ceci explique aussi pourquoi il est relativement difficile d'établir des normes concernant l'éblouissement, on devrait plutôt parler des éblouissements.

Les travaux déjà réalisés sur l'éblouissement utilisent des appareils différents, il est donc nécessaire de bien connaître le protocole réalisé, l'appareil utilisé et ce qui a été testé (cf. Tableau 2).

Tableau 2 : Appareils étudiant l'éblouissement et l'adaptation à l'obscurité

Nom	Principe	Réalisation	Caractéristiques	Luminance
Test de Bailliar	Etudie le temps de récupération de l'AV centrale après éblouissement. Résistance à l'éblouissement.	Simple, utilise lumière d'un ophtalmoscope.	Ne juge que la fonction maculaire.	
Ergovision	Résistance à l'éblouissement. En vision intermédiaire.		S'inspire de la méthode de Bailliar (thèse de C. Gabaude [16])	300 cd/m2
Miller-Nadler glare tester	Test de contraste, étudie la sensibilité à l'éblouissement.		Anneaux de Landolt sur fond de plus en plus sombre.	Champ éblouissant : 420 foot-Lambert
Brightness acuity tester (B.A.T.)	Sensibilité à l'éblouissement.	Eblouissement puis lecture de lettres pour AV.	3 niveaux de luminance possibles.	400 ; 100 ou 12 foot-Lambert
Vistech VCT 8000	Sensibilité à l'éblouissement.		Utilisation de réseaux sinusoïdaux.	
Eyecon 5	Sensibilité à l'éblouissement.	Sur écran d'ordinateur.	Présentation d'optotypes de contraste différents.	Champ éblouissant : 130 cd/m2
Tomey glare & halo	Sensibilité à l'éblouissement + quantification des halos autour d'un pt lumineux.	Sur écran d'ordinateur.	Egalisation de contraste par le patient.	
Mésopètre		Mesure de tps de non perception.		
Nyctomètre enregistreur de Comberg	Résistance à l'éblouissement. Et sensibilité à l'éblouissement.		Test en 2 tps	544 cd/m2
Mesopomètre de Aulhorn et Harms.		Mesure de l'AV à 2 niveaux de luminance + 1 avec éblouissement.	(article « Mesoptometry » de Greve [12])	
Adaptomètre de Goldmann-Weekers.	Résistance à l'éblouissement.		(article de Uvijls [13])	670 cd/m2
Appareil du labo de la vision et d'ergo-ophtalmologie de Genève	Résistance à l'éblouissement.		Utilisation des anneaux de Landolt (thèse de C. Gabaude).	3500 cd/m2 pendant 10 secondes.
CSV 1000 HGT de VectorVision	Sensibilité à l'éblouissement.	Mesure de l'acuité.		

Dans ces études, on remarque une distinction dans les protocoles [23] :

- Sensibilité à l'éblouissement : la lumière plus ou moins intense est maintenue pendant toute la durée de l'étude.
- Résistance à l'éblouissement : l'éblouissement a lieu en début d'étude, on teste la vitesse de récupération du sujet.

Les facteurs identifiés pour l'éblouissement sont, selon R. G. Cole [24] : l'éclat, la taille, la position, le contraste et le temps d'exposition de la source.

la vision nocturne

La vision nocturne présente de nombreuses spécificités, liées notamment à la répartition des cellules visuelles sur la rétine. Ainsi on peut considérer qu'il existe deux visions différentes : une de jour et l'autre de nuit. Il s'agit toujours de la même rétine et de la même personne et pourtant les capacités visuelles sont différentes : certaines personnes présentant une bonne vision de jour ont beaucoup de difficultés de nuit et vice-versa.

La vision de nuit est très caractéristique : au cours du temps et en fonction des faibles variations de lumière, les capacités visuelles fluctuent. Ces fluctuations sont physiologiques, mais certaines pathologies peuvent entraîner des gênes très importantes, voire une cécité nocturne.

Quand la rétine est adaptée à l'obscurité des phénomènes lumineux peuvent perturber la vision nocturne en raison de leur intensité, il existe une gêne caractéristique liée à l'éblouissement. Cette gêne est présente à la fois chez les patients atteints de pathologies et chez des sujets sains, souvent sans que l'on puisse l'expliquer et la quantifier. Dans le cas de pathologies comme le glaucome ou la cataracte, les problèmes liés à l'éblouissement font partie des premiers symptômes.

Cette gêne perturbe particulièrement la conduite de nuit de certaines personnes, saines ou malades, très sensibles à ce phénomène.

La conduite nocturne ne représente que 10 % du trafic, mais on constate que 47% des accidents mortels ont lieu la nuit [25]. Certaines personnes, notamment chez les plus âgées, cessent de conduire la nuit à cause de leur vision, d'autres continuent malgré des capacités visuelles insuffisantes, ce dont elles ne sont pas toujours conscientes. Il n'existe cependant pas de texte de loi qui interdise la conduite de nuit à cause d'une mauvaise vision.

On parle de :

- Vision photopique pour une luminance entre 1 et 10 cd/m²,
- Vision mésopique entre 1 et 0,001 cd/m²,
- Vision scotopique en dessous de 0,001 cd/m².

Les domaines photopique et scotopique sont relativement bien connus, ce qui n'est pas le cas du niveau mésopique pour lequel aucune photométrie n'est officiellement recommandée par la CIE.

Principales modifications physiologiques induites par l'obscurité

- Le champ visuel est modifié dans l'obscurité : ses principales caractéristiques sont l'important scotome central et un maximum d'acuité visuelle en région paracentrale. A cause de ce scotome central, les réflexes de fixation, importants en vision diurne, sont impossibles. Ces particularités sont liées à la distribution rétinienne des cellules visuelles.
- L'acuité visuelle en basse luminance est difficile à mesurer, en effet en conditions photopiques l'unité est le cône, en conditions scotopiques en revanche il semble que l'unité soit un ensemble de cônes et de bâtonnets, la cellule résultante est donc plus grande. La Figure 17 illustre cette variation d'acuité entre la vision photopique et la vision scotopique. Les valeurs de l'acuité scotopique varient habituellement entre 3/10 et 5/10 suivant les personnes [22]. La Figure 18 montre la variation d'acuité en fonction de la luminance, on voit bien l'importance de l'utilisation d'une échelle logarithmique pour les unités de luminance [43].

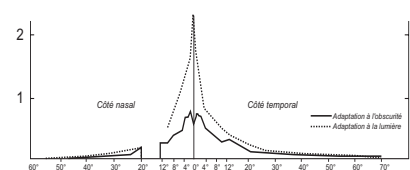


Figure 17 : Variation de l'acuité visuelle dans le méridien horizontal du champ de vision, en conditions photopique et scotopique. (modifiée d'après G. E. Jayle)

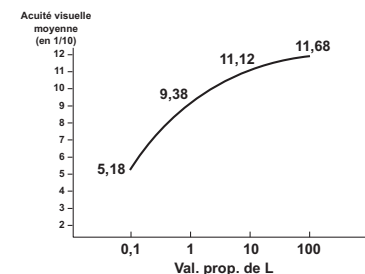


Figure 18 : Acuité visuelle binoculaire en fonction de la variation de luminance. La valeur 100 correspond à 250 cd/m². La valeur 10 à 25 cd/m². La valeur 1 à 2,5 cd/m². La valeur 0,1 à 0,25 cd/m². (modifiée d'après P. Amalric)

- La vision du relief, liée à l'acuité visuelle, diminue elle aussi en scotopique. On retrouve cependant, dans une étude de Muller et Lloyd [26], la brisure photopique-scotopique classique montrant le rôle des différentes cellules visuelles [27].
- La vision de la profondeur, tout comme la vision du relief, est considérablement altérée [28].
- Le sens du mouvement : la perception du mouvement diminue de façon générale avec la luminosité, cependant peu d'études ont été réalisées.
- La myopie nocturne : on constate une myopisation des sujets en ambiance scotopique cependant les valeurs données varient suivant les auteurs, elle est située entre 0,50 et 1,25 dioptrie. Elle serait due à une variation de courbure du cristallin différente de nuit et de jour, ainsi qu'à des aberrations chromatiques axiales et des aberrations sphériques de l'œil.

La méthode psychophysique de référence pour l'étude de la vision nocturne est l'adaptation à l'obscurité et sa courbe.

Courbe d'adaptation à l'obscurité

Principe : après avoir ébloui la personne, on mesure, au cours du temps la variation de sensibilité lumineuse.

Habituellement, les sujets sont éblouis pendant 5 minutes avant de réaliser les mesures de sensibilité pendant 30 min. Une fois les mesures faites, on obtient un tracé : la courbe d'adaptation à l'obscurité.

On obtient, pour un sujet sans pathologie, une courbe présentant 2 portions distinctes. La première représente l'adaptation des cônes, elle dure moins de 5 minutes; la seconde représente l'adaptation des bâtonnets, elle semble «prendre le relais» au moment où la première portion atteint un palier. On parle alors d'adaptation primaire par les cônes et d'adaptation secondaire par les bâtonnets. Le point de jonction caractéristique des deux parties est appelé «point alpha». Le seuil final obtenu est appelé «seuil lumineux terminal». Il est important que les échelles utilisées soient logarithmiques afin de mettre en évidence ce point alpha et donc le fait que la courbe soit bi-phasique.

Certains auteurs font remarquer que ce seuil absolu diminue pendant plusieurs heures, cependant on peut considérer que la valeur obtenue est fiable au bout de 30 minutes. La Figure 19 représente la courbe d'adaptation à l'obscurité classique. La principale difficulté en adaptométrie concerne les grandes variations interindividuelles observées.

En Belgique, ce test est à réaliser lorsque, «en cas de doute sur le test d'acuité visuelle mésoptique, il sera procédé à un examen plus approfondi à l'aide d'un adaptomètre. L'écart maximal toléré est d'une unité log» (annexe 6 de l'arrêté royal du 23 mars 1998) [29], mais curieusement ce test n'est pas cité par le CARA. Le texte précise «5. Vision crépusculaire. Pour être apte à la conduite le candidat doit présenter, après cinq minutes d'adaptation à l'obscurité, une acuité visuelle

de 2/10, éventuellement avec une correction optique. L'acuité visuelle est mesurée avec les deux yeux simultanément, à l'aide d'une échelle d'optotypes, lettres noires sur fond blanc, éclairée à un Lux et placée à cinq mètres du candidat.» [29].

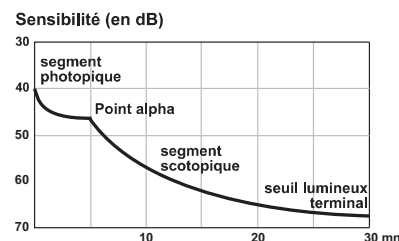


Figure 19 : Courbe d'adaptation à l'obscurité obtenue avec le moniteur ophtalmologique chez un sujet normal

Plusieurs protocoles utilisables dans un dépistage de masse sont équivalents [40]. Le Tableau 2 récapitule les différents appareils.

Les photos qui suivent illustrent deux exemples d'appareils classés comme permettant des mesures de sensibilité à l'éblouissement. Les Figures 20 et 21 donnent un aperçu de deux appareils de conception complètement différentes :

- Le CSV 1000 HGT de Vector Vision permet un éblouissement ponctuel par deux sources lumineuses.
- Le BAT (Brightness Acuity Tester) crée un éblouissement de type ganzfeld, diffus, dans tout le champ visuel.

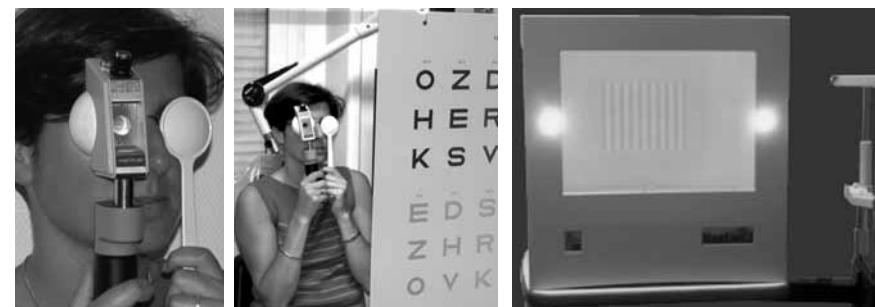


Figure 20 : Glare test avec le BAT (Brightness Acuity Tester)

Figure 21 : Glare test sur le Moniteur Ophtalmologique de Metrovision

La conduite nocturne : spécificités de l'aptitude - inaptitude

La luminance lors de la conduite nocturne est voisine de 0,2 cd/m², elle est assurée par les feux de croisement du véhicule [30]. Il en résulte une altération de l'efficacité de la fonction visuelle: une personne ayant 10/10 de jour peut passer à 3/10 [31].

La vision de nuit sur route nécessite une certaine adaptation à l'obscurité. Cette adaptation n'est jamais complète car elle est perturbée par les phares du véhicule, les éclairages, les glissières de sécurité, les dispositifs et bandes réfléchissants et surtout les éventuels phares des véhicules venant en sens inverse.

Les variations de comportement

M. Moessinger [32] s'est intéressée récemment aux variations de comportement en conditions de conduite nocturne. Les critères étudiés étaient : la vitesse, les ajustements de cette vitesse et le positionnement sur la chaussée. Elle montre qu'il existe des interactions nombreuses en fonction de l'éclairage de la route, ce qui signifie que le comportement de l'automobiliste est influencé par la luminosité ambiante.

Elle signale par ailleurs que «quel que soit leur âge, ce sont les problèmes visuels (éblouissement par les phares, fatigue visuelle, moins bonne visibilité [...]) et la fatigue [...] qui sont mentionnés [dans le questionnaire accompagnant l'étude]».

Les aides éventuelles

Les personnes ayant des problèmes de conduite nocturne sont souvent demandeuses d'aides spécifiques pour diminuer leurs gênes. Cependant, il n'existe pas de solution valable pour tous les porteurs, le caractère subjectif étant très important. De nombreuses teintes et filtres sont proposés par les fabricants, il est indispensable de les essayer avec le sujet et de s'assurer de leur compatibilité avec la conduite.

R. G. Cole [24] a étudié les filtres utilisés en basse vision pour améliorer la perception des contrastes. Il souligne que les résultats du CPF 550 (un verre filtrant orangé) l'indique particulièrement pour les sujets ayant une grande sensibilité à la lumière et une mauvaise adaptation à l'obscurité, cependant ces verres ne sont pas à prescrire pour la conduite de nuit en raison des problèmes de reconnaissance des couleurs. Le CPF 550XD est même proscrit pour la conduite aux États-Unis car il ne remplit pas les critères de transmission des verres pour la conduite de jour.

Le traitement anti-reflet faces avant et arrière a également fait l'objet d'une étude de Ross [33]. Elle montrait que l'éblouissement dû à la réflexion de la lumière des phares sur la peau puis dans le champ des verres est sensiblement diminué grâce au traitement anti-reflet. Cependant Ross arrive à la conclusion que ce ne sont pas les anti-reflets qui limitent l'éblouissement mais plutôt les verres non-traités qui l'augmentent.

Par ailleurs, concernant cette fois la conduite de jour, il est important de savoir que les verres photochromiques peuvent parfois foncer au travers des pare-brises. La teinte varie suivant le type de pare-brise et la marque des verres photochromiques. Une étude réalisée par Chabloz regroupe les résultats obtenus [34]. Ce type d'étude devrait être pris en compte notamment dans le cas d'applications spécifiques telles que les études sur les luminances nécessaires dans les tunnels. Lors de l'entrée dans un tunnel, les éclairages doivent répondre à des normes qui permettent de diminuer l'intensité par paliers pour respecter au maximum l'adaptation à l'obscurité de l'œil [35]. Ces normes ne peuvent pas prendre en compte un éventuel port de verres teintés ni un éclairement des photochromiques à l'obscurité, c'est pourquoi il est essentiel que le porteur connaisse le type de verre et ses caractéristiques afin de ne pas être surpris.

Les phares

L'éblouissement est donc une gêne importante pour les conducteurs, or certains se plaignent d'être plus gênés par les phares blancs, et d'autres par les jaunes. Une étude de Santucci et Menu citée par Mur [36] montre que la détermination de l'orientation d'un réseau et le sens du contraste sont altérés de la même façon par les phares blancs et par les phares jaunes après correction du niveau d'éclairage qui est 2 fois supérieur pour les phares blancs. En revanche au niveau subjectif les sujets affirment à 51% que les phares blancs sont plus éblouissants, à 30% que les jaunes sont plus éblouissants et 19% ne font aucune différence. Ainsi à luminance égale, il n'y a pas de différence entre les deux types de phares, l'éblouissement serait donc dû à la différence de luminance importante entre phares jaunes et phares blancs.

La répartition de la lumière sur la route varie selon les phares, elle a beaucoup évolué comme le montre très simplement la Figure 22.

Ce schéma illustre l'évolution de la forme générale du faisceau, mais la répartition lumineuse à l'intérieur du faisceau varie également énormément selon le type de phare utilisé (Xénon, Halogène...).

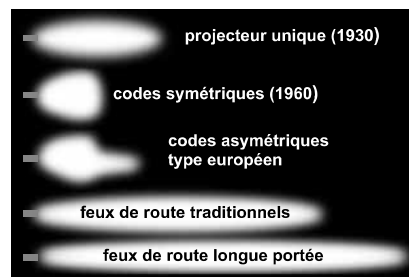


Figure 22 : Evolution de la forme des faisceaux lumineux

Recommandations pour la mesure de l'éblouissement, de la vision nocturne dans le cadre d'une aptitude visuelle à la conduite

Toutes les recommandations déjà publiées (cf. Pour en savoir plus) insistent sur le fait que les méthodes actuelles d'évaluation ne permettent pas d'établir des normes rigoureuses.

En dépistage primaire réalisé par le généraliste agréé nous recommandons d'utiliser et de développer des questionnaires de type qualité de vie (cf. article de B. Arnould) centrés sur l'éblouissement que ce soit en conduite de jour ou de nuit, et sur la conduite nocturne. Le CARA en Belgique dans son questionnaire rempli par le candidat pose la question «20. Votre vision au crépuscule ou dans l'obscurité est-elle réduite ou inexistante?»

Si le sujet présente une anomalie importante du type éblouissement ou du type cécité nocturne, l'ophtalmologiste traitant ne pourra répondre à la question de l'inaptitude en conduite nocturne dans un grand nombre de cas en raison du manque de matériels disponibles et du manque de normalisation. Le recours à des ophtalmologistes experts s'impose. Nous recommandons d'informer et de former les ophtalmologistes et orthoptistes aux problèmes spécifiques de l'éblouissement et de la vision nocturne et à ses méthodes de mesures. Nous recommandons de développer des protocoles pour valider sur de grandes séries des tests simples utilisables même par le médecin généraliste agréé.

Le seul test utilisable actuellement est la mesure de l'acuité visuelle mésopique tel que décrit dans l'arrêté royal belge de 1998. On réalise une adaptation en mésopique de 5 minutes par l'intermédiaire de verres filtrants de 20 db (en Belgique ou de 30 db protocole développé par le Dr Zanlonghi) (Figure 23). L'acuité visuelle est mesurée par lecture d'optotypes habituels, soit de type planche cartonnée ETDRS, soit sur le Moniteur Ophtalmologique, le patient portant sa correction habituelle. Le test est réalisé en binoculaire, toujours pour se rapprocher le plus possible des conditions de conduite habituelles.



Figure 23 : Mesure de l'acuité visuelle mésopique

L'acuité visuelle dynamique

Elle correspond à la capacité de reconnaître des objets en mouvement. Cette acuité est sensible à la forme, à la composition et à la taille du test, au type de mouvement et à sa vitesse, à la luminance du test, au temps de présentation. Elle fait aussi intervenir le champ visuel et la vision binoculaire. L'acuité dynamique diminue lorsque la vitesse augmente, surtout pour des vitesses supérieures à 20°/sec. Les mesures d'acuité statique et dynamique sont des fonctions séparées, et les recherches de corrélations entre ces deux mesures ont montré que les résultats en statique ne laissent pas du tout présager les résultats obtenus en dynamique. De plus, les variations interindividuelles sont importantes [19].

Recommandations pour la mesure de l'acuité dynamique dans le cadre d'une aptitude visuelle à la conduite

Une mise au point récente de la National Highway Traffic Safety Administration constate que cette fonction visuelle est rarement explorée car aucun test standard rapide à administrer n'existe. Cette mesure nécessite des appareillages particuliers (Ergovision d'Essilor, Moniteur Ophtalmologique de Métrovision pour la France). En conséquence cette mesure doit être réservée aux ophtalmologistes et centres experts pour des problèmes spécifiques d'altération de la sensibilité aux mouvements.

La vision des contrastes

La perception visuelle des formes nécessite la mise en oeuvre d'une discrimination des variations de luminance [38], c'est-à-dire des contrastes, dont la distribution spatiale constitue l'image rétinienne.

La formule: $C = \frac{L \text{ fond} - L \text{ test}}{L \text{ fond}}$ est utilisé pour les optotypes à contraste variable. Le contraste est le plus souvent exprimé en pourcentage. 98% étant un contraste très élevé, 3 % étant un contraste très faible (l'optotype devient à peine visible).

Qu'est-ce qu'une fonction de sensibilité au contraste (FSC)?

L'acuité visuelle se définit comme la capacité de discriminer les détails fins d'un objet dans le champ visuel [39]. 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.

Pour étudier de façon plus exhaustive la perception visuelle, les seuils de perception pour des objets de toute une gamme de tailles avec des contrastes de plus en plus faibles sont mesurés (Figure 24). C'est la Fonction de Sensibilité au Contraste [45]. 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 leur fréquence spatiale (en cycles par degré ou nombre de paires (blanche-noire) de raies par degré d'angle visuel et par leur contraste.

On parle de basse fréquence spatiale pour les formes globales (limite ciel-terre), les moyennes pour les formes plus précises (silhouette d'une maison, d'une voiture, d'un piéton), et les hautes fréquences spatiales pour les détails les plus fins (panneaux indicateurs, plaque minéralogique, vision de texture de sol,...).

Tests utilisés pour la mesure de la vision des contrastes (optotype)

Ils sont très nombreux, variables d'un pays à un autre. Aucune norme n'émerge de cette pléthore de tests.

- «Bailey-Lovie low contrast visual acuity chart» : présente des lettres ayant un contraste de 10%, les résultats étant à comparer avec ceux de l'échelle à haut contraste.
- Pelli-Robson : lettres de Snellen d'acuité 1, dont le contraste varie de haut en bas de 100% à 0.6% (par pas de 0.15 unité log). Le test a deux faces faisant varier l'arrangement des lettres.
- Échelle visio-contraste 21 de Sander-Zanlonghi présente des lettres comportant 21 niveaux de contraste entre 100% et 1%. Elle s'utilise à une distance de 2 m.
- Échelle à contraste variable de Sander-Zanlonghi présente des lettres avec 6 niveaux de contraste entre 10% et 1,25% et 3 niveaux d'acuité visuelle 0,1 (1/10), 0,2 (2/10), 0,4 (4/10). Elle est destinée à mesurer de façon simple une courbe de sensibilité au contraste.
- Échelle multi-contrastes de Sander-Zanlonghi présente des lettres avec 3 niveaux de contraste 100%, 10%, 2,5% s'appliquant sur une échelle logarithmique type ETDRS dont les niveaux d'acuité visuelle vont de 0,2 (2/10) à 2 (20/10).
- Test du contraste variable de l'Ergovision: le test est constitué de 3 lignes contenant des lettres et des chiffres, présentées en distance intermédiaire, à 4/10, 6/10 et 8/10. Chaque ligne comprend 3 valeurs de contraste : 60% 40% et 20%.

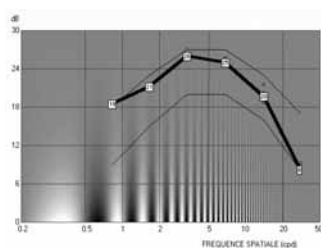


Figure 24 : Courbe de sensibilité au contraste normale

Tests utilisés pour la mesure de la sensibilité aux contrastes (réseau):

- Vistech contrast sensitivity test.
- Vision Contrast Test System : cercles dans lesquels se trouvent des réseaux de contrastes et de fréquences spatiales variables.
- Moniteur Ophtalmologique : cet appareil comprend un processeur graphique qui génère sur un écran vidéo des réseaux sinusoïdaux ou des optotypes à contraste variable. De plus, un mouvement peut être assigné à n'importe quel test présenté. L'écran est à 3,5 m du sujet. Les seuils sont enregistrés par la méthode de pas à pas ascendant ou descendant.
- le Gradual et le Vidéotest B-VAT II de Mentor ne sont plus distribués en France.

Recommandations pour la mesure de la sensibilité au contraste dans le cadre d'une aptitude visuelle à la conduite

L'absence de normalisation pénalise la diffusion de cette technique. Cependant la plupart des recommandations publiées, en particulier en langue anglo-saxonne, laisse entendre que l'examen de la sensibilité au contraste est plus performant qu'une mesure d'acuité visuelle morphoscopique à fort contraste, pour établir une estimation de la vision centrale utile en situation de conduite.

Les tests de contraste sur des planches cartonnées en respectant scrupuleusement le cahier des charges (en particulier l'éclairage, la correction optique,...) paraissent adaptés à un dépistage de masse par le généraliste agréé, l'orthoptiste traitant, l'ophtalmologiste traitant.

Certains candidats peuvent avoir une acuité visuelle à haut contraste médiocre et un test de sensibilité au contraste proche de la normale. Ce qui justifie selon Corbé [39] qu'il est donc possible, et logique, que l'on puisse accorder l'autorisation à la conduite automobile pour des sujets *a priori* inaptes au regard des normes actuelles. Ces «dérogrations» doivent être réservées aux experts ophtalmologistes.

La perception des distances et de la profondeur

La vision binoculaire constitue un paramètre fondamental pour la perception de la distance et de l'espace visuel (analyse bibliographique complète par C. Gabaude [31]).

Au-delà d'environ 600 mètres, la binocularité perd sa valeur car l'image perçue par les deux rétines est identique. Il existe tout de même de nombreux indices monoculaires de la perception des distances et de la profondeur :

- Indices photométriques : brouillage dû à la diffusion atmosphérique au loin, appréciation des changements de luminosité, de couleurs (couleur bleutée des objets éloignés), de contrastes, étendue des ombres portées.
- Indices géométriques : taille et texture, contour apparent, occlusion partielle d'un objet par un autre, variations de parallaxe de mouvement.

Ce qui relance le problème de l'aptitude des borgnes aux permis professionnels.

Recommandations pour l'étude de l'appréciation des distances dans le cadre d'une aptitude visuelle à la conduite

Aucun test clinique normalisé n'est disponible pour un dépistage systématique de masse. On en est donc réduit à utiliser la batterie de tests de stéréopsie que connaissent bien les orthoptistes. Nous recommandons un bilan orthoptique en cas d'antécédent de strabisme, de diplopie, de phorie décompensée. L'aptitude sera prononcée de façon conjointe par l'ophtalmologiste traitant et/ou expert et par l'orthoptiste ayant réalisé le bilan.

Les simulateurs de conduite

Dernière technique à notre disposition, de nombreux articles très récents commencent à insister sur les avantages de ces investigations en particulier pour personnaliser les bilans d'aptitude [41,42]. On peut utiliser des scènes visuelles statiques (Figure 26) avec des questions recherchant des performances visuelles médiocre par exemple en terme de sécurité, des scènes visuelles animées avec en même temps la possibilité d'enregistrer en temps réel la stratégie de regard du conducteur [32,43].



Figure 26 : Simulateur de conduite
Analyse d'une scène visuelle statique

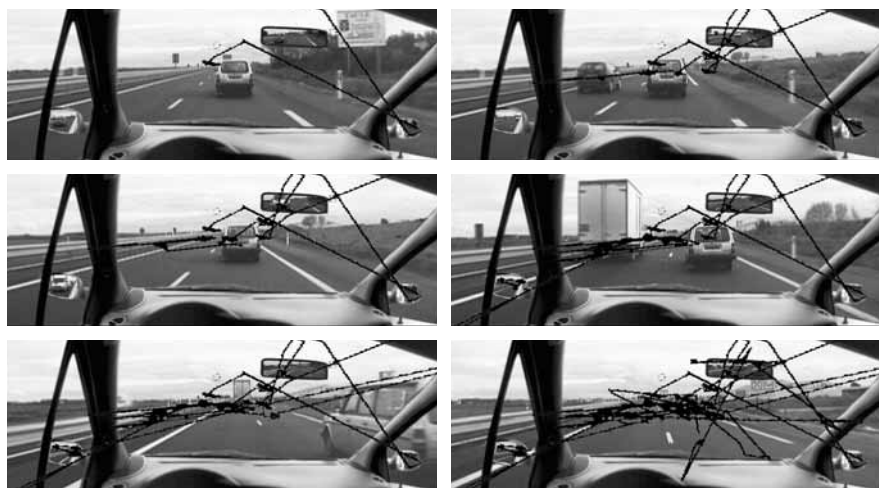


Figure 27 : Stratégie visuelle dynamique dans un glaucome grave
Images extraites de la vidéo. Le trajet du regard est surimposé en noir. Faible utilisation des rétroviseurs.

Recommandations pour l'utilisation de simulateur de conduite dans le cadre d'une aptitude visuelle à la conduite

Ces outils demandent à être validés dans une optique de dépistage, et doivent être réservés à des ophtalmologistes et centres experts.

Conclusion

Pour l'exploration de la vue des conducteurs, de nombreux tests visuels sont à notre disposition à l'heure actuelle.

En dehors de l'acuité visuelle centrale photopique à fort contraste et du champ visuel périphérique binoculaire au Goldmann qui doivent rester le socle du dépistage primaire, des tests pertinents doivent faire la preuve de leur efficacité en terme de dépistage de candidat à risque aussi bien pour le permis léger que le permis lourd.

Deux tests se dégagent à savoir: la sensibilité au contraste, l'acuité visuelle mésopique. Il paraît relativement facile de les valider en vue de les intégrer à un dépistage de masse tous permis réalisé par le médecin généraliste agréé.

D'autres tests doivent faire l'objet de recherche comme l'appréciation des distances, l'éblouissement en conduite nocturne, avant une éventuelle simplification toujours dans un but d'intégration de ces tests dans le dispositif de dépistage primaire.

Très prometteurs sont les simulateurs de conduite avec des images dynamiques et le développement de la mise en situation réelle de conduite en auto-école spécialisée mais qui devront rester dans les centres et réseau d'experts.

Bibliographie

- 1- CISR Comité Interministériel de la Sécurité Routière du 18 décembre 2002. Texte complet sur <http://www.securiteroutiere.equipement.gouv.fr/>
- 2- Arrêté du 7 mai 1997 (J.O. du 29 mai 1997) fixant la liste des incapacités physiques incompatibles avec l'obtention ou le maintien du permis de conduire ainsi que des affections susceptibles de donner lieu à la délivrance de permis de conduire de durée de validité limitée. www.legifrance.gouv.fr
- 3- Gabaude C et Pazué A. Harmonisation in European Legislation for driving licence. International Conference on Traffic and Transport Psychology. Valencia, Spain, 1997
- 4- Le Bail B, Zanlonghi X. Le point sur la réglementation française et européenne, canadienne et des Etats-Unis. In Conduite et âge, un certain regard. Les séminaires abcMedecine. Ouvrage collectif sous la direction de X Zanlonghi. Octopus Multimedia, Paris, 2003.
- 5- Zanlonghi X, Speeg-Schatz C. Acuité visuelle. Rapport SFO, Exploration de la Fonction Visuelle, J.F. Risse, Ed by Masson, PARIS, 1999, 99-128
- 6- Arden GB. Le standard de mesure de l'acuité visuelle. J Fr Ophtal, 1988;11:779-792
- 7- Colenbrander A. Visual acuity measurement standard. Consilium ophthalmologicum universale. Visual functions committee. Italian J Ophth 1988;11/I:5-19.
- 8- Westheimer G. Scaling of visual acuity measurements. Arch Ophthalmol 1979;97:327-330
- 9- Ferris FL, Kassoff A, Bresnick GH et coll. New visual acuity charts for clinical research. Am J Ophthalmol 1982;94:91-96
- 10- Bailey IL, Lovie-Kitchin JE. New design principles for visual acuity letter charts. Am J Optometry Physiol Optics 1976;53:740-745.
- 11- Zanlonghi X, Sander M-S. Validation théorique d'une planche logarithmique d'acuité visuelle de loin pour enfant. J Fr d'Orthoptique 1999.
- 12- De Raedt R, Ponjaert-Kristoffersen I. Fonctionnement cognitif / neuropsychologique, mécanismes de compensation et conduite automobile des personnes âgées. In Enjalbert, Fattal, Thevenon. Conduite automobile et handicap. Masson, Paris, Collection Rencontres en Rééducation, 2000, N°15, 147-153
- 13- Duret F, Buquet C, Charlier J, Mermoud C, Viviani P, Safran AB. Refixations strategie in four patients with macular disorders. Neuro-Ophthalmology, 1999;22:209-220
- 14- Risse JF. Etude du champ visuel. Le système d'Esternan. In Risse JF. Exploration de la fonction Visuelle. Masson, Paris, 1999, p199-200
- 15- Verriest G. The occupational visual field : II. Heijl A, Greve EL : Sixth International Visual Field Symposium Santa Margherita Ligure, May 27-31, 1984 Dr Junk Publ, Dordrecht Doc Ophthalmol Proc Series, 1985, 42, 281-326
- 16- Johnson C et Keltner J. Incidence of visual field loss in 20 000 eyes and its relationship to driving performance. Arch Ophthalmol 1983;101:371-375
- 17- Sander MS, Zanlonghi X. L'examen du champ visuel pour l'évaluation du handicap visuel. J Fr d'Orthoptique, 1996;(8):139-148
- 18- Hella F. Contribution de l'étude du champ visuel à la connaissance de l'espace de travail. Le Travail Humain, 1983;46(1):11-32
- 19- Lanthony Ph. Ergonomie et vision des couleurs. In Les dyschromatopsies. Bulletin des sociétés d'ophtalmologie de France. Rapport annuel 2001. Ed Lamy, Marseille, 2001. 301pp
- 20- Hyvarinen, L. Evaluation of vision for tasks in traffic. In 12th World Congress of the International Association for Accident and Traffic Medicine. Helsinki, Finland : International Association for Accident and Traffic Medicine. 1992
- 21- Perdriel G et Langlois J. Vision et conduite automobile. Ophthalmologie 1993;7:353-356
- 22- Jayle GE, Ourgaud AG La vision nocturne et ses troubles Rapport de la Société Française d'Ophthalmologie. Ed Masson, 1950, Paris. 863pp
- 23- Maurin J-F, Maille M. In RISSE JF. Exploration de la fonction visuelle : application au domaine sensoriel de l'œil normal et en pathologie. Masson Editeur, Paris, 1999. pp253-264
- 24- Williams R. Functional adaptive devices. In Cole R G. Remediation and management of low vision Mosby's optometric problem-solving series, 2001, Mosby-Year Book Editeur, St Louis, Etats-Unis 71-121
- 25- www.preventionroutiere.asso.fr
- 26 - Mueller, Lloyd Proc. Nat. Ac. Sci., 1948, 34, 223.
- 27- Legrand Y. Optique physiologique, tome 3. L'Espace Visuel. Masson Editeur, Paris, 1956. 392pp

- 28- Centre d'information de l'éclairage. Eclairage public, information visuelle et sécurité routière. n°17 Directive du Conseil du 29 juillet 1991 relative au permis de conduire (91/439/CEE). http://euro-paeuint/comm/transport/home/drivinglicence/overview/basis_fr.htm
- 29- Annexe 6 de l'arrêté royal du 23 mars 1998. Belgique
- 31- 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 pour l'obtention du Diplôme de Doctorat de Neurosciences, Université Claude Bernard-Lyon I, Novembre 2001. www.abcbassevision.com réf AM20456
- 32- Moessinger M. La conduite automobile chez la personne âgée, Thèse de Docteur en Psychologie spécialités neuropsychologie et psychophysiologie, Université Louis Pasteur Strasbourg I. 2003. www.abcbassevision.com réf AM20458
- 33- Ross J. Visual performance and patient preference : a comparison of anti-reflection coated and uncoated spectacle lenses. *J Am Optom Assoc* 1997;68(6):361-6
- 34- Chabloz PA. Réaction des verres photochromiques à travers un pare-brise de voiture : 1re et 2e partie. *L'Opticien Suisse* 1997, n°1 et n°2, pp6-10 et 31-34
- 35- Adrian W K. Physiological basis for the lighting levels in the transition zone of tunnels, Comparison of CIE and DIN with the IES recommendations. *Optom Vis Sci* 1991;68(4):282-293
- 36- Mur J, Boissin JP, Darnaud B. Un appareil de dépistage en ergoophthalmologie : description et expérimentation. *Bull Soc Fr Opt Physiol*, 1987, 3, 212-219
- 37- [http://osiristecartqcca/~leduc_denis/technique/electricite-4.htm]:
- 38- Legrand Y. Optique physiologique, tome 2. Lumière et couleurs. Deuxième édition. Masson Editeur, Paris, 1972
- 39- Corbé 1994 Corbé, C. Réglementation visuelle pour la conduite automobile. *Réalités Ophthalmologiques*, 1994, 15, 33-35.
- 40- Uvijls A. Mesopic visual acuity requirements for driving licences in the european union. Research report. *Bull Soc Belge Ophtalmol* 2001;282:71-77
- 41- Lovsund, Hedin A, Tornros J. Effects on driving performance of visual field defects: a driving simulator study. *Accid Anal Prev* 1991;23(4):331-42
- 42- Freund B, Gravenstein S, Ferris R, Shaheen E. Evaluating driving performance of cognitively impaired and healthy older adults: a pilot study comparing on-road testing and driving simulation. *J Am Geriatr Soc* 2002;50(7):1309-10
- 43- Robin C. Etude pilote : aptitude à la conduite et glaucome. Mémoire de DESS Analyse de la vision. Université des sciences d'Aix-Marseille III, 2002, 74pp, sur le site www.abcbassevision.com refAM20475
- 44- Amalric P, Mur J, Santucci G. Oeil et lumière. *Bull Soc Opht France*, 1990, numéro spécial. Ed Lamy, Marseille. 285pp
- 45- Bonnet C. Manuel pratique de psychophysique. Armand Colin, Paris.
- 46- Foels A, Jonquere SJ. L'estimation médico-légale du handicap : intérêt de l'étude du champ visuel binoculaire. *Bull Soc Ophtalmol France* 1989;89(4):513-521

Pour en savoir plus

abcmdecine.com réf: 20472

EXPLORATION FONCTIONNELLE DE LA VISION

- Metrovision : site d'un fournisseur de matériel pour tests ophtalmologiques. www.metrovision.fr
- Risse JF. Exploration de la fonction visuelle : application au domaine sensoriel de l'œil normal et en pathologie. Editions Masson, Paris, 1999
- SNOF : site du syndicat des ophtalmologistes de France contenant de très nombreuses informations sur la vision et ses atteintes. www.snof.org
- Vectorvision : site d'un fournisseur de matériel pour tests ophtalmologiques. www.vectorvision.com/html/testsGlare.html

VISION ET ÂGE

- Cohen SY, Samson M. Le vieillissement de l'œil et de ses annexes. *Bull Soc Ophtalm France*, Numéro spécial, novembre 1999, XCIX, 324pp
- Weale RA. The senescence of human vision. Oxford University Press, 1992, 272 p

VISION ET HANDICAP

- [abcBasseVision](http://www.abcbassevision.com), 4^e congrès de l'ARIBa, Nov. 2002. Octopus Multimedia, Paris, 2002.
- BasseVision.net. Site sur la déficience visuelle dont une partie est consacrée au thème : avez-vous le droit de conduire ? www.BasseVision.net
- Enjalbert, Fattal, Thevenon. Conduite automobile et handicap. Collection Rencontres en Rééducation, 2000, N°15. Masson, Paris, 2000. 206pp
- Fletcher DC. Vision requirements for driving. Guidelines of American Academy of Ophthalmology. In *Low Vision rehabilitation*. American Academy of Ophthalmology, monographs 2000 ;12 :127-134
- Higgins KE. Low vision driving among normally-sighted drivers. In *Remediation and management of low vision*. Cole RG, Bruce P eds. Rosenthal, Mosby's optometric prologue series, 1996 :225-236
- Safran AB. Le déficit visuel, De la neurophysiologie à la pratique de la réadaptation, Editions Masson, Paris, 1995

VISION ET CONDUITE

- Amalric P, Mur J, Santucci G. Œil et Lumière, *Bull Soc Opht France* 1990, numéro spécial
- Association Médicale Canadienne. Détermination de l'aptitude médicale à conduire, Guide du médecin, sixième édition. Association Médicale Canadienne, 2000. 89pp
- AUSTRROADS. Assessing fitness to drive, Guidelines from Australia, 2001. Site australien et néo-zélandais sur les transports. www.austrroads.com.au
- Bezel F. Conduite automobile et maladie d'Alzheimer, Thèse pour l'obtention du grade de Docteur en Médecine, Université de Montpellier I, 27 Novembre 2000. www.abcbassevision.com réf AM20455
- CARA. Département de l'Institut Belge pour la prévention routière. Apte à conduire... vous aussi ?, brochures et publications de l'Institut belge de la Sécurité Routière, 2003. www.ibsr.be
- DVLA. For Medical Practitioners, At a glance Guide to the current Medical Standards of Fitness to Drive. Driver and Vehicle Licensing Agency, January 2003. www.dvla.gov.uk/, Site du Royaume-Uni qui assure le suivi des permis de conduire et immatriculations des véhicules
- 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 pour l'obtention du Diplôme de Doctorat de

Neurosciences, Université Claude Bernard-Lyon I, Novembre 2001.
www.abcbassevision.com réf AM20456

- Letzelter N. Les études de qualité de vie en ophtalmologie, Intérêts et applications concernant la cataracte, le glaucome chronique à angle ouvert et la dégénérescence rétinienne liée à l'âge, Thèse de médecine, Université Claude Bernard-Lyon I, 2000. www.abcbassevision.com réf AM20457
- Moessinger M. La conduite automobile chez la personne âgée, Thèse de Docteur en Psychologie spécialités neuropsychologie et psychophysiologie, Université Louis Pasteur Strasbourg I. 2003. www.abcbassevision.com réf AM20458
- National Highway Traffic Safety Administration. U.S. Department of Transportation. Safe mobility for older people notebook. II. Annotated research compendium of driver assessment techniques for age-related functional impairments. April 1999. <http://www.nhtsa.dot.gov/people/injury/olddrive/safe/safe-toc.htm>
- Peli E, Peli D. Driving with confidence. A practical guide to driving with low vision. World Scientific Publishing, New Jersey, 2002. 192p
- La Sancéenne. Site d'auto-école : présentant de nombreux diagrammes sur la vitesse et le champ visuel. <http://perso.wanadoo.fr/sanceenne/vitesse.htm>

VISION ET RÉGLEMENTATION

- Le nouveau code de la route est en ligne sur le site www.lepermis.com. Nous recommandons la lecture des articles suivants :
 - Responsabilité (Articles L121-1 à Article L122-1) (Articles R121-1 à R121-5)
 - Permis de conduire (Articles L221-1 à L225-9) (Articles R221-1 à R225-5)
 - Comportement du conducteur (Articles L231-1 à L235-5) (Articles R231-1 à R235-13)
- Arrêté du 7 mai 1997 (J.O. du 29 mai 1997) fixant la liste des incapacités physiques incompatibles avec l'obtention ou le maintien du permis de conduire ainsi que des affections susceptibles de donner lieu à la délivrance de permis de conduire de durée de validité limitée. www.legifrance.gouv.fr Le site qui permet de chercher tous les textes officiels (lois, arrêtés, décrets).
- Code de la route Dalloz. ISBN 2-24-704331-3. Editions Dalloz, Paris, 2001. 1222 p. www.dalloz.fr
- Directive du Conseil du 29 juillet 1991 relative au permis de conduire (91/439/CEE). Sur le site http://europa.eu.int/comm/transport/home/drivinglicence/overview/basis_fr.htm
- Legifrance. Site permettant de chercher tous les textes officiels (lois, arrêtés, décrets). www.legifrance.gouv.fr
- Prévention Routière. www.preventionroutiere.asso.fr
- Commission Européenne. site de la Commission Européenne donnant en ligne les directives liées au permis de conduire. http://europa.eu.int/comm/transport/home/drivinglicence/principles/001_fr.htm
- L'annulation du permis de conduire. Les documents de travail du sénat. Série législation comparée. n°LC54, Mai 1999. <http://www.senat.fr/lc/lc54/lc54.html>
- Les permis de conduire dans l'Union Européenne et dans l'Espace économique européen. 2000, Cat.Nr. C32499146FRC (version française : ISBN 92-828-9621-8)
- Les permis spéciaux pour engins, chariot, pont élévateur. <http://www.shs.fr/formations/engins.htm>
- www.coderoute.com - Valider ses connaissances sur le permis de conduire
- www.lepermis.com - Sur ce site figure l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la certification de conformité des produits de marquage

ÉPIDÉMIOLOGIE, ACCIDENTOLOGIE

- La santé en France 2002. Rapport du Haut Comité de la Santé Publique. La Documentation Française, janvier 2002. 410pp
- Rapport du député Richard Dell'Agnola sur le projet de loi renforçant la lutte contre la violence routière. Mars 2003. <http://www.assemblee-nationale.fr/12/rapports/r0689.asp>
- Rapport Guyot : «Gisements de sécurité routière». 2002. http://www.equipement.gouv.fr/recherche/publications/publi_drast/ouvrages_agents/rapport_guyot.htm
- Rapport du sénateur Gérard Miquel. Rapport d'information N°29 (2002-2003) du 23 octobre 2002. Commission des Finances, du Contrôle Budgétaire et des Comptes Economiques de la Nation. <http://www.senat.fr/rap/r02-029/r02-029.html>
- Rencontres parlementaires sur la route et la sécurité routière. La sécurité routière, une nouvelle logique de partenariat et de responsabilité : actes du colloque, mars 2000. Organisé et présidé par Gérard Miquel. M & M conseil, Paris, 2001. 108p
- www.securiteroutiere.equipement.gouv.fr - De très nombreuses statistiques.

RECHERCHE

- CERTU. Centre d'Etudes et de Recherche sur les Techniques Urbaines. www.certu.fr
- INRETS. Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité. Site contenant des informations très intéressantes sur la recherche dans le domaine de la sécurité routière. www.inrets.fr
- LCPC. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. www.lcpc.fr
- Renault : projets de recherches en partenariat dans le domaine de la vision. <http://www.experts.renault.com/kemeny/projects/index.html>
- SETRA. Service d'Etudes Techniques et de Recherche des routes et autoroutes. www.setra.equipement.gouv.fr

Les victimes de la route

- <http://www.fondation-annecellier.org>
- <http://www.violenceroutiere.org/>

VIDÉO

- Zanlonghi X, Bensaïd P, Le Liboux MJ. Conduite et handicap visuel. Vidéo VHS-PAL 12 mn

Cet ouvrage a été réalisé au format abcMedicine®
Toutes les communications ont été indexées
et peuvent être retrouvées sur Internet en indiquant

la référence abcMedicine

ou un mot clé contenu dans le texte,
à partir du moteur de recherche

www.abcmedecine.com