



CHAPITRE III

LE BILAN D'APTITUDE



L'ACUITÉ VISUELLE

X. ZANLONGHI, S. MAJZOUB, C. ARNDT

1.1. Quelques rappels

1.1.1. Définitions

En ergophtalmologie, et en ophtalmologie clinique, l'acuité visuelle est nécessaire :
pour mesurer les troubles de réfraction et en corriger les erreurs,
pour orienter devant une baisse d'acuité visuelle, vers une pathologie
pour donner des aptitudes – inaptitudes à certains métiers, certaines tâches,
pour calculer des taux d'invalidité en expertise

En clinique, la notion d'acuité visuelle est associée à celle de **pouvoir séparateur** (minimum de résolution). Pour l'œil, c'est la perception de la distance minimale qui doit exister entre deux points contigus pour qu'ils soient correctement discernés.

L'angle sous lequel est vu cet espace correspond à l'acuité angulaire et s'exprime par :
angle α = tangente α = distance entre les deux points/distance d'observation
 α est à peu près égal à $\tan \alpha$ car α est petit

Cette taille angulaire est exprimée en minutes d'arc ; c'est le classique pouvoir séparateur (**Fig. 1**).
L'acuité angulaire (V) est exprimée par l'inverse de cet angle α
 $V = 1/\alpha$

Chez l'homme, la valeur de 1 minute d'arc est la valeur qui correspond à la normalité. Cette valeur a donc été choisie comme référence [1].

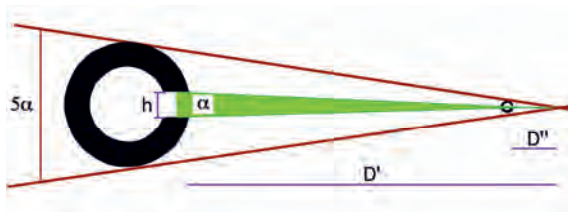


Figure 1 : Acuité visuelle : angle α = 1 minute d'arc donne une acuité de 10/10 (1 en notation décimale). Un petit anneau de Landolt vu à une distance D'' sera vu de la même façon qu'un grand anneau à une distance D' pour peu que l'angle α reste le même.

Cette mesure « subjective » paraît peu précise et peu reproductible. Elle est cependant fondamentale en aptitude visuelle.

On distinguera :

- L'acuité morphoscopique qui fait intervenir des mécanismes de reconnaissance de forme globale d'optotypes : lettres, chiffres, dessins. Il s'agit d'un traitement cognitif de l'information et non d'une simple détermination de la résolution optique (**Fig. 2**).
- L'acuité visuelle angulaire qui est déterminée par des tests mettant en jeu le pouvoir séparateur rétinien. Les optotypes les plus couramment employés sont l'anneau de Landolt, le E de Raskin et le E de Snellen. Ces optotypes ont en commun une brisure dont le sujet doit reconnaître la position (**Fig. 3**).

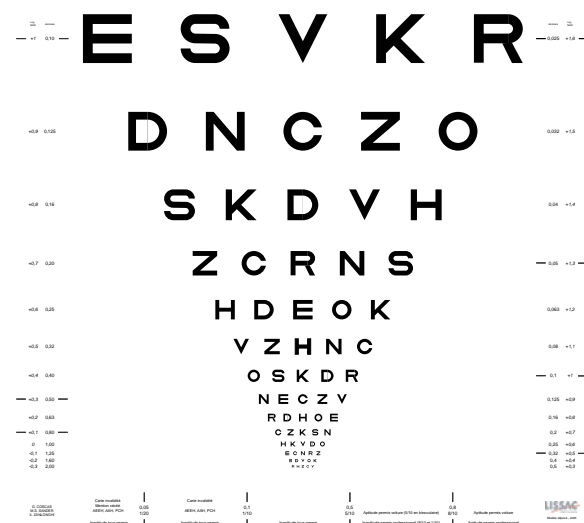


Figure 2 : Carte 1 de la planche logarithmique type ETDRS de Coscas-Sander-Zanlonghi.

1.1.2. Les normes d'acuité visuelle

Il faut distinguer les recommandations, des normes. La première recommandation sur laquelle s'appuient de très nombreuses planches d'acuité visuelle dont les planches ETDRS, est celle de SLOAN en 1959 qui publie ses dix lettres dites Lettres de Sloan (**Fig. 4**) [2].

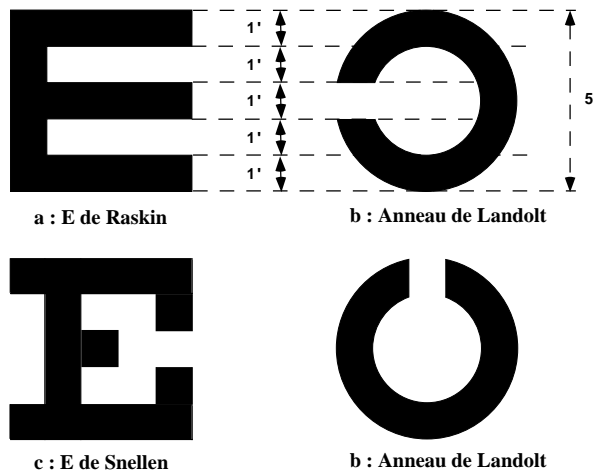


Figure 3 : Test d'acuité visuelle : La consigne consiste à dire dans quelle direction se trouve la brisure.

3 a : E de Raskin

3 b : Anneau de Landolt présenté selon 4 orientations parfois 8 qui est l'optotype de référence car il a l'avantage de ne contenir qu'un seul élément de discrimination entre ses diverses positions : son ouverture

3 c : E de Snellen

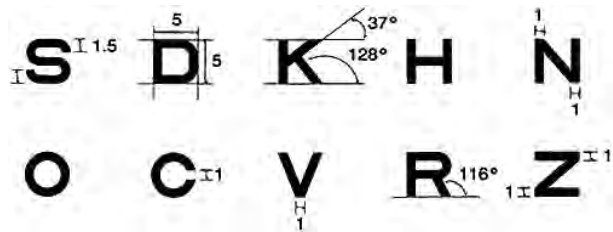


Figure 4 : Lettres de Sloan [2].

La seconde recommandation majeure est celle de 1988 du Consilium ophthalmologicum universale. Visual functions committee. [1] dont il existe une version française [3].

Une recommandation présentée en 2002 lors du Congrès International d'Ophtalmologie concerne plus spécifiquement l'acuité visuelle chez les patients atteints de déficience visuelle [4]

Il existe deux organismes de normalisation reconnus internationalement :

- le Bureau international des poids et mesures est situé au Pavillon de Breteuil à Sèvres, créé par le traité diplomatique de la Convention du Mètre et auquel adhèrent environ 50 pays ; c'est un organisme officiel : www.bipm.fr/fr/home/
- l'ISO (Organisation Internationale de Normalisation), qui fédère les organismes nationaux de normalisation : www.iso.org/iso/fr/ISOOnline.frontpage

Chaque pays a son propre organisme de normalisation. En France c'est l'Association française de normalisation — AFNOR en France, www.afnor.fr Les normes (ISO – AFNOR) concernent les fabricants d'instrumentation et les techniques de mesure de l'acuité à des fins de délivrance d'attestations ou de permis.

Nous citerons les normes suivantes :

- La norme internationale NF EN ISO 8596 de 2009 [5] qui spécifie une gamme d'optotypes constitués d'anneaux de Landolt et décrit une méthode de mesure de l'acuité visuelle en vision de loin, en condition diurne, à des fins de délivrance d'attestations ou de permis (www.icnaero.com/docs/normes_icna.htm). La norme 8596 est obligatoire pour les contrôleurs travaillant dans le secteur de l'aéronautique.
- La norme ISO 10938 – qui concerne les instruments ophtalmiques, les projecteurs d'optotypes, les afficheurs [6], qui est en cours de révision en 2013.
- La norme NF EN 473 : Cette norme européenne va sans doute s'imposer par rapport aux normes américaines ASNT-TC-1A et NAS 410, et elle régit les contrôles non destructifs de différentes industries. Cette norme française homologuée le 5 mars 1993. Elle remplace la norme enregistrée NF A09-010 de janvier 1984. "Le candidat doit fournir la preuve d'une vision satisfaisante, établie par un oculiste, un ophtalmologue ou toute autre personne reconnue par le corps médical, et répondant aux exigences suivantes :

- a) la vision proche doit permettre au minimum la lecture du nombre 1 de l'échelle Jaeger à une distance d'au moins 30 cm, ou équivalent, pour au moins un œil, avec ou sans correction ;
- b) la vision des couleurs doit être suffisante afin de permettre au candidat de distinguer et différencier le contraste entre les couleurs utilisées dans la méthode concernée, comme spécifié par l'employeur.

La vérification de l'acuité visuelle doit être faite annuellement."

- La norme SNT-TC-1A. Cette norme a été édictée par l'American Society for Nondestructive Testing, Inc.

"Near vision acuity.

The examination shall assure natural or corrected near-distance acuity in at least one eye such that the applicant is capable of reading a minimum of

Jaeger Number 2 or equivalent type and size letter at a distance of not less than 12 inches (30.5 cm) on a standard Jaeger test chart. The ability to perceive an OrthoRater minimum of 8 or similar test pattern is also acceptable. This shall be administered annually. Color Contrast Differentiation. The examination should demonstrate the capability of distinguishing and differentiating contrast among colors used in the method. This shall be conducted upon initial certification and at three year intervals thereafter.”

- La norme **NAS 410/EN4179** (National Aerospace Standard) version 2008. Cette norme créée par l'Aerospace Industries Association concerne spécifiquement l'industrie aérospatiale mondiale y compris Française. Cette norme préconise le test de Snellen pour la vision de près. Aux USA, c'est la planche de Jaeger qui est classiquement utilisée, alors qu'en France c'est la planche de Parinaud, et en Allemagne c'est la notation de Wecker. « Near Vision : 20/25 (Snellen) at 16" (42 cm) +/- 1" (2.54 cm) or equivalent * in at least on yey, natural or corrected. * Equivalency to be determinated by the Responsible Level 3 »

Au USA, l'équivalence entre Snellen de près et Jaeger est : “Near Vision Jaeger # 1 test chart at not less than 12 inches, or equivalent as determined by medical personnel with one eye, either natural or corrected. »

En France, l'équivalence entre Snellen de près et Parinaud (planche conçue pour une distance de lecture de 33 cm) est « 20/25 (Snellen) à 16" (42 cm) \pm 1" (2.54 cm) » est équivalent à :

- Parinaud 2 à 40cm \pm 2.5cm » pour les personnes non corrigées pour la vision de près.

- Parinaud 1.5 à 30cm \pm 2.0cm » pour les personnes corrigées pour la vision de près. Le tableau 3 donne les équivalences entre les notations de près [7, 8].

- La norme **AIR 0191** pour la qualification de soudeur destinés à des applications aérospatiales, qui demande, une acuité visuelle minimale de près de PARINAUD 2. Cette norme encore utilisée en 2013 dans l'industrie est remplacée depuis 2009 par la norme **ISO 24394**.

I.1.3. Les notations de l'acuité visuelle [8]

L'acuité visuelle de loin

Dans les réglementations, les notations sont multiples selon l'ancienneté des textes, allant de la plus ancienne en Monoyer (en/10), à la plus fréquente en

décimale, et à la plus moderne en LogMar (en handisport cf chap 2.5.2).

De plus la progression est différente selon les échelles. Les échelles d'acuité visuelle de type Monoyer sont des échelles avec une progression arithmétique de raison 1/10 dont l'inconvénient majeur est que la différence d'angle apparent est beaucoup plus grande entre 1/10 et 2/10 qu'entre 9/10 et 10/10 (**Fig. 5**). Cependant, cette notation « Monoyer » est très simple, d'une grande facilité d'emploi.

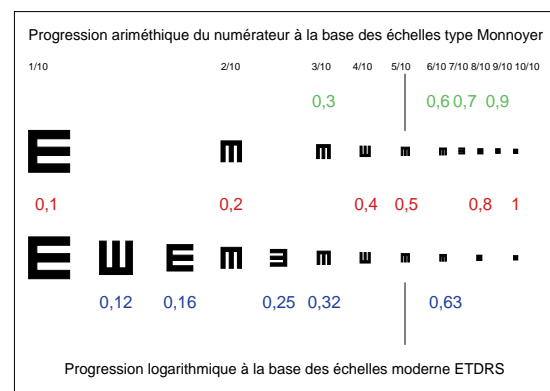


Figure 5 : Comparaison d'une progression géométrique (Monoyer) et logarithmique (ETDRS)

La correspondance entre les différentes notations de l'acuité visuelle de loin n'est pas toujours aisée (cf tableau 3 du chap 2.5).

La formule simplifiée suivante régit la taille du détail caractéristique (l'ouverture de l'anneau de Landolt) selon la distance de présentation :

$h = 0,29 \times D'/V$ ou h est la hauteur en millimètres du détail caractéristique de l'objet à regarder, D' la distance, en mètres, de présentation, V l'acuité visuelle en fraction décimale. La tangente d'un angle d'une minute vaut $2,9 \cdot 10^{-4}$ m

Ainsi à partir du tableau 1 donnant les dimensions en minutes d'arc et en millimètres pour un anneau de Landolt présenté à 4 mètres, on peut en déduire la relation entre une acuité visuelle et une taille de panneaux d'information ou de pictogramme pour plusieurs distances (tableau 2) [10]. Cette relation est une multiplication par 5 de la taille du détail discriminant (classiquement l'ouverture de l'anneau de LANDOLT).

CHAPITRE III.1.1. L'ACUITÉ VISUELLE

Acuité visuelle en fraction décimale (V)	Acuité visuelle en notation Monoyer	Taille de l'ouverture de l'anneau de Landolt en minutes d'arc pour une distance D' de 4 mètres.	h = Taille de l'ouverture de l'anneau de Landolt en millimètres pour une distance D' de 4 mètres	5*h = Taille du diamètre externe de l'anneau de Landolt en millimètres pour une distance D' de 4 mètres
2	20/10	0,5	0,58	2,92
1	10/10	1	1,16	5,82
0,5	5/10	2	2,34	11,61
0,1	1/10	10	11,64	58,18

Tableau 1 : Dimensions et cotes d'une série d'optotypes en anneaux de Landolt à présenter à 4 mètres.

V = Acuité en notation Décimale	Acuité en notation Monoyer	Formule simplifiée $5 * h = 0,29 * D' / V$	Taille de l'objet vu pour une distance D' œil — objet de 4 mètres (cad 5 fois le détail discriminant h)	Taille de l'objet vu pour une distance D' œil — objet de 40 mètres (cad 5 fois le détail discriminant h)	Taille de l'objet vu pour une distance D' œil — objet de 50 mètres (cad 5 fois le détail discriminant h)	Taille de l'objet vu pour une distance D' œil — objet de 100 mètres (cad 5 fois le détail discriminant h)
1	10/10	$5 * h = 0,29 * D' / 1$	5,8 mm = $5 * 1,16 \text{ mm} = 0,29 * 4 / 1$	58 mm = $5 * 11,6 \text{ mm} = 0,29 * 40 / 1$	72,5 mm = $5 * 14,5 \text{ mm} = 0,29 * 50 / 1$	145 mm = $5 * 29 \text{ mm} = 0,29 * 100 / 1$
0,5	5/10	$5 * h = 0,29 * D' / 0,5$	11,6 mm = $5 * 2,32 \text{ mm} = 0,29 * 4 / 0,5$	116 mm = $5 * 23,2 \text{ mm} = 0,29 * 40 / 0,5$	145 mm = $5 * 29 \text{ mm} = 0,29 * 50 / 0,5$	290 mm = $5 * 58 \text{ mm} = 0,29 * 100 / 0,5$
0,1	1/10	$5 * h = 0,29 * D' / 0,1$	58,2 mm = $5 * 11,64 \text{ mm} = 0,29 * 4 / 0,1$	582 mm = $5 * 116,4 \text{ mm} = 0,29 * 40 / 0,1$	725 mm = $5 * 145 \text{ mm} = 0,29 * 50 / 0,1$	1450 mm = $5 * 290 \text{ mm} = 0,29 * 100 / 0,1$

Tableau 2 : Relation entre une acuité visuelle et une taille de panneaux d'information ou un pictogramme pour plusieurs distances.**La notation de l'acuité visuelle de près**

Avec le test de Parinaud de 1888, nous évaluons plutôt les capacités lexiques des sujets que leur acuité [10]. Dans la vision de près, vont intervenir l'accommodation, le myosis, les modifications cristalliniennes, et enfin la qualité et les effets propres aux verres correcteurs en cas d'amétropie et/ou de presbytie.

Pour l'acuité visuelle de près, Parinaud a décidé que la valeur 1 de son échelle correspondait à une acuité visuelle de 10/10 à 25 cm. La valeur notée sur l'échelle est un multiple de cette valeur correspondant à 10/10 à cette nouvelle distance. Ainsi, Parinaud 2 correspond à 10/10 à 2 x 25 cm soit 50 cm, Parinaud 4 à 10/10 à 4 x 25 cm soit 1 m et Parinaud 1,5 à 10/10 à 1,5 x 25 cm soit 37,5 cm. Un simple calcul géométrique permet de convertir cette table en notation décimale ou logarithmique.

La principale précaution à prendre est d'utiliser le test à la distance exacte prévue par le concepteur

(anciennement 33 cm, de plus en plus souvent 40 cm). Mais en pratique, le patient utilise une distance spontanée de lecture qu'il convient de noter. Il faut mesurer son acuité de près à sa distance spontanée et imposer une distance de 40 cm, cette distance étant obligatoire pour certains certificats médicaux [11]. Selon les réglementations, les métiers, les mesures en binoculaire et en monoculaire doivent être effectuées (tableau 3).

I.1.4. Les facteurs de variations de l'acuité visuelle

Les variables qui affectent l'acuité visuelle peuvent être classées en physiologique, physique et psychophysique. Ces différents facteurs sont présentés artificiellement comme intervenant indépendamment les uns des autres alors qu'en réalité, ils interagissent souvent l'un sur l'autre.

Il existe *des acuités visuelles* en fonction des conditions dans lesquelles elles sont mesurées. En effet, on distingue l'acuité angulaire ou l'acuité morpho-

CHAPITRE III.1.1. L'ACUITÉ VISUELLE

Notation M Valeur approchée	Taille en points pica	Parinaud théorique	Jaeger selon Colenbrander	Acuité en Snellen	A = angle visuel ou Angle de Résolution Minimum (ARM — MAR) en minutes d'arc	Acuité visuelle en notation Monoyer	Acuité visuelle en décimal	Taille optotype m	Police Arial Regular Macintosh
							0,02		
							0,025		
		48				1/30	0,032		101
10	80	40			25	1/25	0,04	14,61	79
8	60	32			20	1/20	0,05	11,61	62
6	50	25,6			16	1/16	0,063	9,22	51
5	40	20		20/250	12,2	1/12	0,08	7,32	39
4	32	16	17 (16)	20/200	10	1/10	0,1	5,82	31
		14					0,11		25
3	24		15	20/160	8	1,2/10	0,125	4,62	
2,5	20	10	14	20/125	6,3	1,6/10	0,16	3,67	20
2	16	8	13	20/100	5	2/10	0,2	2,92	16
1,6	12	6	12 (11)	20/80	4	2,5/10	0,25	2,33	12
1,2	10	5	10 (8,9)	20/63	3,2	3,2/10	0,32	1,86	10
1	8	4	7 (6)	20/50	2,5	4/10	0,4	1,45	8
0,8	6		5 (4)	20/40	2	5/10	0,5	1,16	
		3					0,53		6
0,6	5	2,5	3	20/30	1,6	6,3/10	0,63	0,93	4
0,5	4	2	2	20/25	1,25	8/10	0,8	0,73	5
0,4	3		1	20/20	1	10/10		0,58	3
		1,5					1,07		
							1,25	0,47	
		1					1,6	0,37	

Tableau 3 : Correspondance entre les notations Parinaud, Jaeger, M, police Arial. Distance de lecture de 40 cm. NB il s'agit de valeur approchée.

scopique, l'acuité de loin ou de près, l'acuité en vision photopique, en vision mésopique (cf chap 3.1.5), l'acuité en vision monoculaire ou binoculaire, en vision centrale ou périphérique, avec ou sans correction optique, l'acuité visuelle cinétique. L'acuité visuelle peut ainsi varier de manière considérable selon différents facteurs dépendants ou non de l'observateur.

Facteurs dépendants de l'observateur ou facteurs intrinsèques

• Pupille

Le myosis diminue l'aberration de sphéricité, augmente la profondeur de champ et diminue la quantité de l'éclairement de la rétine ; la mydriase entraîne les effets inverses. En pratique, un équilibre est obtenu entre ces différents effets à actions contraires pour un diamètre pupillaire de 2,4 mm, ce qui explique la valeur classique de 2 mm retenue

pour le diamètre du trou sténopéique pour tester la fonction maculaire.

- L'accommodation

Il est nécessaire de ne pas solliciter l'accommodation pour mesurer l'acuité visuelle en réalisant les tests au-delà de 5 mètres. En vision de près, l'accommodation intervient pour des distances de lecture très courtes (25 cm et en deçà). Par contre pour des distances plus importantes comme la distance de 40 cm qui est la distance recommandée pour les tests en vision de près, elle n'intervient pratiquement pas [1, 3]

- Topographie rétinienne

En pratique, si l'acuité photopique est maximale dans la fovéola, elle diminue rapidement et se trouve réduite à 0,4 (4/10) au bord de la macula (**Fig. 6**). En ambiance scotopique, l'acuité maximale est paracentrale. Vers 30 degrés d'excentricité, les acuités photopiques et scotopiques sont équivalentes.

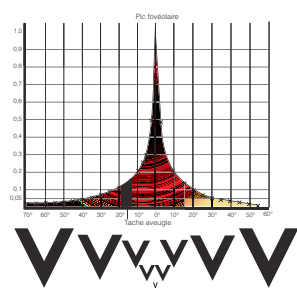


Figure 6 : Courbe de répartition de l'acuité visuelle sur le méridien horizontal en fonction de l'excentricité.

- L'âge

L'acuité visuelle de l'emmetrope varie de façon importante avec l'âge et les méthodes d'examen [12]. On peut rencontrer une acuité visuelle maximale de 1,5 à 2 (15 à 20/10) chez quelque adolescent entre quinze et vingt ans. Par la suite, l'acuité diminue en raison du jaunissement du cristallin, du myosis et de facteurs neuronaux pour se retrouver à 1 (10/10) entre cinquante et soixante ans, 0,8 (8/10) vers soixante-dix ans. Au-delà de quatre-vingts ans, une acuité de 0,63 (6,3/10) peut-être considérée comme normale.

Facteurs indépendants de l'observateur

- Rôle de la luminance

Il faut tenir compte de la luminance du fond sur lequel le test est présenté, mais également de la luminance de l'environnement qui entoure le fond.

L'acuité augmente avec la luminance de fond pour atteindre des valeurs maximales autour de 100 candela par m².

- Rôle du contraste

L'acuité est maximale pour un contraste de 100 % et chute rapidement si le contraste est inférieur à 30 %. Sloan a établi qu'il est nécessaire et suffisant d'avoir un contraste au minimum de 84 % pour obtenir une acuité optimale [13]. En basse vision, les recommandations de contraste minimum sont les suivantes : la présentation visuelle du texte et du texte sous forme d'image a un rapport de contraste d'au moins 4,5 : 1, sauf dans pour les textes agrandis et les textes agrandis sous forme d'image ou il faut un rapport de contraste d'au moins 3:1 (www.brailenet.org).

- Rôle de la longueur d'onde

La sensibilité préférentielle des cônes fovéaux est aux alentours de 550 nanomètres.

- Rôle de la distance de présentation

Les normes actuelles [1, 3] recommandent la distance de 4 mètres pour la vision de loin, de 40 cm pour la vision de près et de 1 mètre pour les mesures de vision basse.

1.2. Acuité, temps de réaction, distance de freinage

Il existe une relation étroite entre le temps de réaction simple, qui est une réponse motrice, à une stimulation visuelle. De nombreux facteurs de variation interviennent : par exemple dans une tâche de visuelle centrale en utilisant un test à contraste variable, le temps de réaction passe d'un peu plus de 300ms pour un test à faible contraste à peine plus de 200ms pour un test à fort contraste, dans cette même étude le temps de réaction binoculaire chez un sujet normal est de 300ms alors qu'en monoculaire il est de 405 ms [14].

Le temps de réaction est largement étudié en situation de conduite, car il conditionne la notion de distance de sécurité. La distance d'arrêt d'un véhicule est la distance nécessaire à un véhicule pour s'arrêter compte tenu de sa vitesse (**Fig. 7**). Cette distance est le cumul de la distance de freinage, distance nécessaire à un véhicule pour passer de sa vitesse initiale à la vitesse nulle, et de la distance de perception-réaction, distance parcourue par un véhicule à vitesse constante pendant le temps de perception-réaction du conducteur.

CHAPITRE III.1.1. L'ACUITÉ VISUELLE

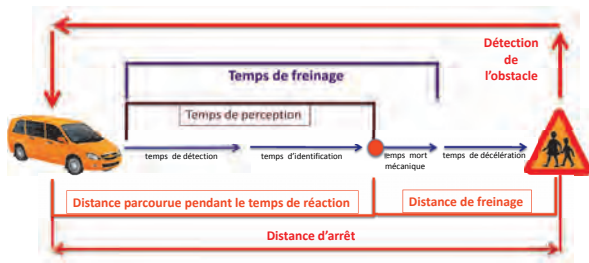


Figure 7 : Temps de freinage comprend le temps de perception et le temps mort mécanique (qui est le temps avant que le frein commence à agir). Le temps de décélération commence lorsque les freins agissent sur la vitesse.

Le temps de freinage est constitué du temps physiologique de perception (1,3 à 1,5 s) et du temps mort mécanique d'entrée en action des freins (0,5 s).

En chirurgie ophtalmologique de cataracte, une étude sur simulateur de conduite en situation de conduite de nuit, a montré un gain en distance de freinage avec un implant oculaire asphérique sur la détection de signaux, la détection de piétons : le gain est de 0,5 s en temps de réaction, ce qui pour une vitesse de 72km/h donne un gain de 10 m [15].

En cas de déficience visuelle, la détection d'obstacle est nettement amoindrie entraînant une importante augmentation des distances d'arrêt.

0.1 (1/10)	0.5 (5/10)
<ul style="list-style-type: none"> Une plaque d'immatriculation n'est pas lisible à 5 mètres Un panneau d'entrée d'agglomération n'est pas lisible à 15 mètres Un petit chien sur la route est vu trop tard en ville (à 50 km/heure) Un enfant est vu trop tard sur une route nationale (90 km/heure) 	<ul style="list-style-type: none"> Un panneau de sortie d'autoroute n'est pas lisible à 50 mètres Un chien est vu trop tard sur une nationale (à 90 km/heure) Conduire de nuit devient très dangereux Une plaque de verglas est perçue trop tard

Tableau 4 : Valeurs approchées de visibilité d'obstacle fixe en conduite de jour.

De façon simple, la transposition des kilomètres/heure en mètres/seconde fait l'objet d'un calcul qui peut être simplifié en multipliant le chiffre des dizaines par de la vitesse par le chiffre 3.

vitesse en km/h	vitesse en m/s
90km/h	27m/s
50km/h	15m/s
30km/h	9m/s

Tableau 5 : Transposition simplifiée km/h versus m/s.

De la figure 7 et du tableau 3, pour un patient avec une acuité visuelle de 1 (10/10), nous pouvons en déduire des distances d'arrêt en fonction de la vitesse du véhicule. Mais les distances de freinage sont plus grandes, selon l'état de la route, la déclivité, l'état des pneus, la présence ou non d'eau sur la route, la température extérieure, le poids du véhicule, l'état du véhicule, et bien entendu le conducteur lui-même dont l'attention visuelle peut être altérée par de multiples facteurs (cf chap 3.1.8).

L'article R. 412-122 du code de la route relatif aux distances de sécurité entre les véhicules dispose :

« lorsque deux véhicules se suivent, le conducteur du second véhicule doit maintenir une distance de sécurité suffisante pour pouvoir éviter une collision en cas de ralentissement brusque ou d'arrêt subit du véhicule qui le précède. Cette distance est d'autant plus grande que la vitesse est élevée. Elle correspond à la distance parcourue par le véhicule pendant un délai d'au moins deux secondes. »

« Hors agglomération, lorsque des véhicules ou des ensembles de véhicules, dont le poids total en charge dépasse les 3,5 tonnes ou dont la longueur excède 7 mètres, se suivent à la même vitesse, la distance de sécurité est d'au moins 50 mètres. »

De façon simplifiée, la distance de sécurité en mètres est exactement égale à 5/9 de la vitesse en km/h. Par exemple, à 90 km/h la distance de sécurité est de $5/9 * 90 = 5 * 10 = 50$ m

Mais en conception routière, les distances d'arrêt (distance de visibilité sur un obstacle fixe) sont nettement plus longues, car il est tenu compte d'une usure des pneumatiques et d'un sol légèrement mouillé.

Pays	Vitesse (en km/h)					
	80	90	100	110	120	130
	Distance (en mètres)					
France	105	130	160	195	230	280
Canada	140	170	200	220	240	260
UNESCO	110	133	156	180	-	-

Tableau 6 : Distance d'arrêt en mètres selon la vitesse initiale du véhicule.

CHAPITRE III.1.1. L'ACUITÉ VISUELLE



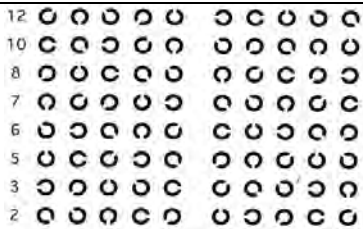
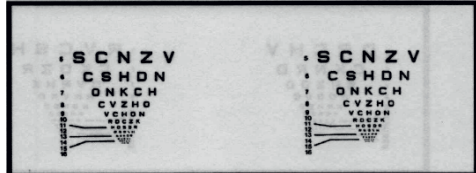

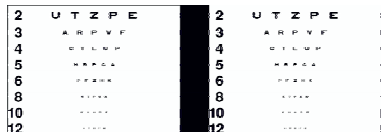


Appareils et logiciel plutôt destinés au dépistage, médecins du travail, médecins agréés	LAGON www.jlmmedical.fr/produits/lagon	de loin : lettres, C, E, Pas d'acuité de près	 ACUITE VISUELLE 
	ERGOVISION Essilor	de loin : 0.05-0.1-0.4-0.5- 0.6-0.8-1.0-1.2 (lettres, sur commande chiffres, C) Acuité cinétique, acuité de près	
	STEREOOPTICAL clepennec@stereooptical.com	de loin : 0.125-0.16-0.2- 0.25-0.32-0.4-0.5-0.63-0.8- 1.0-1.25-1.6 (lettres) Acuité de près	
	FIM www.fim-medical.com	de loin : 0.2-0.3-0.4-0.5- 0.6-0.8-1.0-1.2 (chiffres, lettres, C) Acuité de près	<p>Scène de conduite</p>  <p>AV Lettres bino</p> 
Appareils plutôt destinés aux ophtalmologistes, orthoptistes, médecins du travail, médecins agréés, sur-experts	monpackone Moniteur Ophtalmologique www.metrovision.fr	échelle logarithmique type ETDRS Pas d'acuité de près	
Appareils plutôt destinés aux ophtalmologistes, orthoptistes, opticiens en lien avec la réfraction	Afficheur type L40 www.luneau.fr	Le plus polyvalent, tout type d'optotype, de distance, de contraste, voire inversion de contraste Pas d'acuité de près	

Tableau 7 : Quelques exemples des systèmes d'acuité visuelle disponibles en France.

1.3. Les échelles et appareils

Il existe de très nombreux dispositifs de mesure de l'acuité visuelle centrale. Ils doivent au minimum respecter les règles suivantes:

- S'appuyer au maximum sur la ISO8596 [5].
- Proposer au moins les acuités 5/10, 8/10, 1/10, mais en pratique, toutes les lignes d'acuité sont nécessaires, car par exemple la Grande-Bretagne peut accorder une dérogation pour le permis léger pour une acuité binoculaire de 0,4 (4/10)
- Ne pas écarter les échelles d'acuités communes (Sloan/EDTRS/Monoyer...)
- Ecarter les échelles d'acuités n'ayant pas montré leur équivalence avec les anneaux de Landolt qui reste la référence [1, 3]
- Autoriser les dessins pour certaines situations (illettrisme,...), et pathologies
- Utiliser les notations décimales ($3/10 = > 0.3$) mais donner un tableau d'équivalence (cf tableau 3 du chap 2.5)

A noter que le test de la plaque d'immatriculation lue à une distance de 20 mètres n'est pas conforme aux spécifications de la norme ISO8596, mais c'est le seul test visuel utilisé par l'inspecteur le jour du passage du permis de conduire.

Nous trouverons principalement des tests d'acuité visuelle sur carton, avec des systèmes de projection, des afficheurs sur écran, des systèmes optiques avec collimation à l'infini dans les appareils de dépistage (tableau 7).

La plupart des textes réglementaires imposent des mesures de l'acuité visuelle de loin. Quelques rares professions exigent une acuité visuelle de près avec des valeurs de Parinaud, comme le TRANSPORT MARITIME NORMES 1 et 2, les contrôleurs aériens.

La mesure de l'acuité visuelle de loin doit s'effectuer sans correction si le patient n'en porte pas, et avec la correction optique que le patient utilise habituellement ; lunettes ou lentilles cornéennes. Si le patient n'a pas de correction optique, mais qu'il est fait mention dans la réglementation que le port en est obligatoire (comme les permis de conduire), une réfraction complète doit être effectuée, les valeurs d'acuité visuelle de loin seront données avec la meilleure correction optique trouvée. Certains patients portent en permanence des verres teintés filtrants ; il faudra vérifier au préalable la classe 0 à 5 de ce filtre. Certaines professions, cer-

taines réglementations autorise ou non certaines valeurs de filtre ; par exemple les verres de classe 0, 1, 2, 3 sont autorisés pour la conduite de jour, seul le verre de classe 0 est autorisé en conduite de nuit (cf chap 4.2).

Selon le standard, l'acuité visuelle sera mesurée les deux yeux en même temps (acuité dite binoculaire), ou séparément.

1.4. Acuité et conduite

L'OMS dans son rapport de 2004 donne une liste des principaux facteurs de risque d'accidents de la circulation [16]. On relève parmi les facteurs influant sur l'exposition aux risques : « Combinaison de circulation motorisée rapide et d'usagers de la route vulnérables ». Dans les facteurs influant sur les accidents on note : « se déplacer de nuit, le manque de visibilité dû à des facteurs environnementaux (il est difficile de repérer les autres véhicules et les autres usagers de la route), une mauvaise vue de l'usager de la route ».

Dans la plupart des pays, l'aptitude à la conduite au permis léger est fixée à 0.5 (5/10) [17]. Dans certains états américains comme dans l'état de Géorgie, la limite est fixée à 0.33 (20/60) [18]. Des dérogations sont parfois possibles en Belgique après un bilan au CARA, si l'acuité visuelle dépasse les 0.3 (3/10) (cf chap2.2). Une étude canadienne portant sur 3000 conducteurs tous âgés de 70 ans montre que les conducteurs ayant une acuité visuelle comprise entre 0.4 (4/10) et 0.5 (5/10) en vision binoculaire n'ont pas un excès du risque relatif d'accident statistiquement significatif. Il n'y a pas non plus d'excès du risque relatif d'accident pour les conducteurs monoculaires dont l'acuité visuelle est comprise entre 0.4 (4/10) et 0.5 (5/10). La norme la plus appropriée est donc de 4/10 pour le meilleur œil pour la conduite de jour [19, 20].

1.5. Acuité et métier

De façon paradoxale, la plupart des métiers du transport et de la sécurité imposent un minimum d'acuité visuelle de loin avec correction (**Fig. 8**), alors qu'en ergophtalmologie, il faut distinguer l'acuité visuelle de loin de l'acuité visuelle de près, de nombreux métiers n'impliquant qu'une bonne vision de loin **ou** de près, celle-ci dépendant essentiellement de la distance réelle de travail : c'est

CHAPITRE III.1.1. L'ACUITÉ VISUELLE

REFERENCES

1. **Colenbrander A.** Visual acuity measurement standard. Consilium ophthalmologicum universale. Visual functions committee. *Italian J. Opt.*, 1988, II/1, 5-19
2. **Sloan LL.** New test charts for the measurement of visual acuity at far and near distances. *Am J Ophthalmol.* 1959, 48, 807- 813
3. **Arden GB.** Le standard de mesure de l'acuité visuelle. *J. Fr. Ophthal.*, 1988, 11, 779-792
4. Report prepared for the International Council of Ophthalmology at the 29th International Congress of Ophthalmology Sydney, Australia, April 2002 www.icoph.org/pdf/visualstandardsreport.pdf
5. Norme NF EN ISO 8596, Optique ophtalmique. Essai d'acuité visuelle. Optotype normalisé et sa présentation, version 2009 www.iso.org
6. ISO NWIP 10938 Ophthalmic optics – Chart displays for visual acuity measurement – Printed, projected and electronics www.iso.org
7. **Colenbrander A.** Aspects of vision loss : visual functions and functional vision. *Visual Impairment Research*, 2003, Vol. 5, No. 3, 115-136
8. **Zanlonghi X, Speeg-Schatz C.** Les techniques d'exploration : acuité visuelle. *Rapport de la SFO, Exploration de la Fonction Visuelle*, J.F. RISSE, Ed by MASSON, PARIS, 1999, 99-128
9. **UNAPEI** Guide pratique de la signalétique et des pictogrammes. Ed par Union Nationale des Associations de Parents, de Personnes Handicapées Mentales et de leurs Amis, 2012, 60 pp, www.unapei.org
10. **Parinaud H.** Echelle optométrique – Acuité visuelle. Perception de la lumière et des couleurs. Paris, Roulot éd, 1888
11. **Gomez A, Zanlonghi X.** La réfraction de l'oeil : du diagnostic à l'équipement optique. Réfraction et basse vision. Ed — Elsevier, Issy-les-Moulineaux, 2007
12. **Vola JL, Cornu L, Carrvel et al.** L'âge et les acuités visuelles photopiques et mésopiques. *J. Fr. Ophthal.*, 1983, 6, 473-479
13. **Sloan LL.** Measurement of visual acuity : a critical review. *Archives of Ophthalmology*, Ed by American Medical Association, 1951, 6, Vol. 45, 704-725
14. **Westendorf D, Blake R.** Binocular reaction times to contrast increments. *Vision Res.*, 1988, 28, 355-359
15. www.amo-inc.com/products/cataract/monofocal-iols/tecnis-1-piece-iol
16. Rapport mondial sur la prévention des traumatismes dus aux accidents de la circulation 1. Accident, circulation – prévention et contrôle 2. Accident, circulation – orientations 3. Sécurité 4. Facteurs risque 5. Politique gouvernementale 6. Santé mondiale. Ed par OMS, Genève, 2004 http://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/world_report/intro_fr.pdf
17. **Van Rijn LJ.** New standards for the visual functions of drivers. *Report of the Eyesight Working Group. Brussels*, May 2005, 35pp
18. **Peli E, Peli D.** Driving with confidence. *Edition World Scientific, New Jersey*, 2002, 192 pp
19. **Gresset J.** Risk of automobile accidents among elderly drivers with impairments or chronic diseases. *Revue canadienne de santé publique*, 1994, vol. 85, N° 4, 282-285
20. **Gresset J.** Risk of accidents among elderly car drivers with visual acuity equal to 6/12 or 6/15 and lack of binocular vision. *Ophthal. Physiol. Opt.*, 1994, Vol. 14, 33-36
21. **Verriest G, Hermans G.** Les aptitudes visuelles professionnelles. *Rapport Société Belge Ophtalmologie*, Edition Bruxelles Imprimerie Médicale et Scientifique (S.A.), 67 rue de Lorient, 1975, 552p

LES CHAMPS VISUELS (BINOCULAIRE, ATTENTIONNEL, DE FUSION,...)

X. ZANLONGHI, S. MAJZOUB, C. ARNDT

Dans ce chapitre, nous n'aborderons que les notions de champ visuel qui sont utilisées en aptitude et en expertise. Nous renvoyons le lecteur au rapport de 2012 pour des informations sur le champ visuel monoculaire utilisé en pathologie [1]. Les illustrations seront surtout centrées sur la conduite de véhicules, mais peuvent être transposées pour d'autres situations professionnelles.

II.1. Quelques rappels

En ophtalmologie, le champ visuel est la portion de l'espace que l'œil immobile fixant droit devant peut appréhender, c'est-à-dire la région dans laquelle il peut détecter des stimuli lumineux.

II.1.1. Les limites du système visuel humain

Les limites absolues du champ visuel sont définies par la morphologie de la face : les rebords orbitaires en binoculaire, plus le nez en monoculaire.

Il existe des limites du champ visuel tête et yeux immobiles, champ visuel que nous utilisons en pathologie (**Fig. 1, 2, 3**) [2].

Limites du champ Visuel				
monoculaire				binoculaire
nasal	temporal	supérieur	inférieur	
50-66°	80-90°	45-60°	60-80°	180° à 190°

Tableau 1 : Limite périphérique du champ visuel monoculaire et binoculaire.

II.1.2. Le champ visuel utile

Les limites du champ visuel utile se modifient avec les mouvements des yeux (**Fig. 4**).

De même les limites du champ visuel utile s'amplifient avec les mouvements de la tête et du cou (**Fig. 5, 6, 7**).

Toutes ces valeurs citées ci-dessus sont fortement influencées par l'âge, qui par exemple donne une diminution de l'amplitude des mouvements oculaires exploratoires lors de la conduite [5].

Le suivi longitudinal sur 8 ans de 294 conducteurs âgés de 55 à 90 ans atteste que les 3 facteurs de **risque majeur d'accidents automobiles** sont un

trouble de la vision, un déficit de la cognition, et une **réduction fonctionnelle du champ visuel** [6].

II.1.3. L'environnement proche du conducteur affecte le champ visuel utile

Mais le champ visuel utile dépend surtout de l'environnement immédiat et tout particulièrement des montures de lunettes. De large branche de lunettes, donne une nette réduction du champ visuel utile lors des mouvements oculaires (**Fig. 8**).

Le champ visuel utile est également limité par l'environnement immédiat du visage, le casque pour les 2 roues (**Fig. 9**), les montants de l'habitacle pour les voitures, poids lourds, car, chariot-automoteur, la disposition de l'habitacle intérieur pour le rétroviseur intérieur.

De façon surprenante, aucun constructeur de véhicules ne mentionne dans ces documents la visibilité offerte au conducteur par un habitacle : hors le cône de visibilité est limité par les dimensions du pare-brise, des montants, des vitres latérales, de la hauteur du conducteur, du recul du siège par rapport au pare-brise [8]. Plus le siège est bas et/ou reculé, plus l'angle de visibilité inférieur est petit et plus la dimension de l'angle mort (zone devant le véhicule qui n'est pas visible par le conducteur) est grande (**Fig. 10**). Au contraire, plus le siège est élevé et/ou reculé, plus l'angle de visibilité supérieur est petit. Selon la SAAQ (Société de l'assurance automobile du Québec), le cône de visibilité optimal en conduite de voiture est d'au minimum 30° (15° vers le haut, 15° vers le bas) et la zone aveugle devant le véhicule ne doit pas dépasser 9 mètres. Le conducteur doit, de sa position normale de conduite, posséder un champ de vision horizontal de 180°, sans autres obstructions que les cadres du pare-brise et des portières. Ces cadres ne doivent pas avoir plus de 10 cm de largeur au total de chaque côté. Les vitres des portières avant doivent laisser passer 70 % ou plus de lumière lorsqu'elle est mesurée avec un photomètre. Les dimensions du cône de visibilité latéral offertes par les essuie-glaces, lorsqu'il pleut, sont spécifiées dans une norme canadienne (**Fig 11**) [9].

CHAPITRE III.1.2. LES CHAMPS VISUELS (BINOCULAIRE, ATTENTIONNEL, DE FUSION,...)

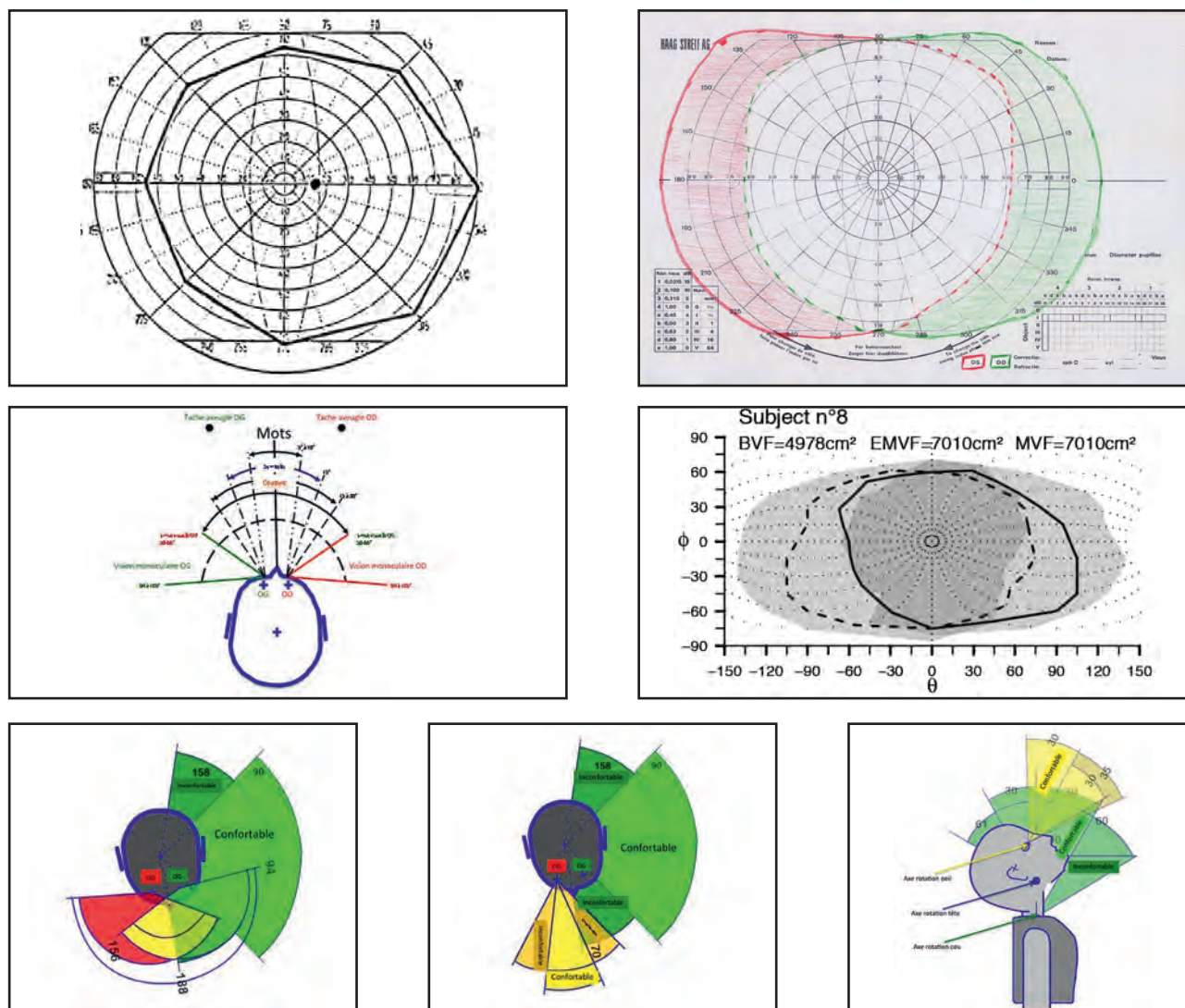


Figure 1 : Limites extrêmes du champ visuel monoculaire [2].

Figure 2 : Champ visuel binoculaire obtenu par la superposition du champ visuel monoculaire de l'OD et de l'OG. Le champ visuel limité par les tirets est dit bi-oculaire, de chaque côté il existe un croissant de champ visuel monoculaire d'environ 30° sur le méridien horizontal [2].

Figure 3 : Champ visuel monoculaire et binoculaire, et les principales tâches visuelles ; reconnaissance des mots, reconnaissance de symboles, discrimination des couleurs.

Figure 4 : La surface du CV binoculaire tête immobile et yeux mobiles s'accroît de 37 % par rapport à la situation tête immobile et regard fixe en position primaire (en utilisant le test objet V4e du périmètre de Goldmann). En gris au centre CV de fusion T et Y immobiles, tiret noir pointillé CV monoculaire de l'OG T et Y immobiles, trait plein CV monoculaire OD T et Y immobile, gris clair CV binoculaire tête immobile et yeux mobiles [3].

Figure 5 : En jaune la zone bi-oculaire, en rouge le champ visuel vu par l'OD œil immobile, en vert le champ visuel vu par l'OG œil immobile, augmentée par le mouvement de la tête et des yeux vers la gauche confortable (vert clair) puis inconfortable (vert foncé). Modifiée d'après les données de Humanscale [4].

Figure 6 : Mouvement de rotation de l'œil droit en jaune clair confortable, entouré d'une zone moins confortable (jaune foncée), augmentée par le mouvement de la tête et des yeux vers la gauche confortable (vert clair) puis inconfortable (vert foncé). Modifiée d'après les données de Humanscale [4].

Figure 7 : Mouvement vers le haut de l'œil (jaune), augmenté par le mouvement de la tête vers le haut confortable (vert clair) puis inconfortable (vert foncé), le tout pouvant être augmenté d'un mouvement du cou. Modifiée d'après les données de Humanscale [4].

1	2
3	4
5	6

II.1.4. Les masques visuels = zones de non-visibilité

Elles sont nombreuses en circulation routière, notamment en agglomération. Il peut s'agir de :

- zones développées par des véhicules stationnés surtout s'il s'agit de fourgon ou de poids lourds.
- zones développées par des habitations, en bordure de chaussée
- zones développées par d'autres véhicules en circulation
- zones développées par son propre véhicule, qu'il s'agisse d'angle mort latéral, arrière... ou avant,

L'angle mort est la zone inaccessible au champ de vision pour le conducteur d'une voiture parce qu'elle n'est pas couverte par les rétroviseurs, ni par les fenêtres du véhicule sans rotation de la tête du conducteur (revue de la littérature 11). Avant les changements de file, les sorties de stationnement, les sorties de rond-point, la vérification des angles morts est nécessaire pour assurer la sécurité des usagers de la route. La vérification se fait en tournant la tête et en jetant un bref coup d'œil.

L'angle mort est l'un des pièges qui guettent les cyclistes, les conducteurs de deux-roues et les piétons dans leurs déplacements urbains quotidiens. L'angle mort est proportionnel à la hauteur et à la longueur du véhicule. Dans ces espaces de non-visibilité, le conducteur ne voit pas le cycliste, le conducteur de deux-roues et le piéton, ce qui a pour conséquences d'augmenter considérablement le risque et la gravité de l'accident.

Ces angles morts seront encore plus marqués en cas de déficience du champ visuel périphérique du conducteur, ou d'incapacité à faire des mouvements rapides de la tête et des yeux.

De nombreux constructeurs développent des produits pour diminuer ces angles morts. Par exemple Volvo développe le Blind Spot Information System (BLIS). Cependant tous ces systèmes donnent une gestion cognitive supplémentaire, ce qui peut être en cas d'atteinte cognitive, ou ophtalmologique, très perturbateur et avoir un effet sur l'attention portée à l'environnement de conduite plus délétère qu'autre chose. Cependant ces systèmes sont recommandés par EuroNCAP qui les intégrera dans sa notation à partir de 2014. <http://fr.euroncap.com/fr>

II.1.5. Le champ visuel nocturne

Nous rappelons que le champ visuel en ambiance mésopique, il existe un aplatissement du pic fovéolaire associé à un discret rétrécissement concentrique des isoptères périphérique en champ visuel (cf chap 3.1.5). Pour pallier cette vision médiocre, il existe deux solutions : l'éclairage de la route par des phares incorporés au véhicule, l'éclairage de la route elle-même. On peut y ajouter les systèmes auto réfléchissant.

Les feux de route sont des dispositifs d'éclairage utilisés sur les véhicules automobiles, permettant à ces véhicules de circuler la nuit ou en cas de luminosité très faible. Ces dispositifs permettent d'éclairer la route devant le véhicule le plus loin possible. Ils sont complémentaires de feux de croisement. Les deux termes désignent alors deux modes de fonctionnement des phares.

Le code de la route impose aux conducteurs de substituer les feux de croisement aux feux de route, quand ils croisent un véhicule venant en sens inverse afin d'éviter tout éblouissement ; « La substitution des feux de croisement aux feux de route doit se faire suffisamment à l'avance pour ne pas gêner la progression des autres usagers ». De même, s'ils suivent un autre véhicule, les feux de croisement doivent être employés.

La réglementation française impose que les feux de route éclairent au moins jusqu'à cent mètres de distance. Ils doivent être au nombre de deux ou quatre sur les véhicules de plus 1,30 mètre de largeur. Elle autorise l'emploi de lampes d'une puissance maximale de 60 Watts par dispositif d'éclairage (Code de la route — Article R40).

Le champ visuel utile procuré par le système d'éclairage en conduite de nuit est très directif (**Fig. 13**).

De multiples systèmes d'amélioration de la conduite de nuit sont régulièrement annoncés par les constructeurs par exemple pour diminuer l'éblouissement latéral du côté gauche (**Fig. 14**), ou pour augmenter la visibilité d'obstacle par des systèmes HUD (**Fig. 15**).

II.1.6. Le champ visuel de sécurité lors de la marche

Un patient déficient visuel, lors de ses déplacements, a besoin d'avoir une zone de sécurité d'environ 1 mètre, et une zone d'anticipation plus

CHAPITRE III.1.2. LES CHAMPS VISUELS (BINOCULAIRE, ATTENTIONNEL, DE FUSION,...)

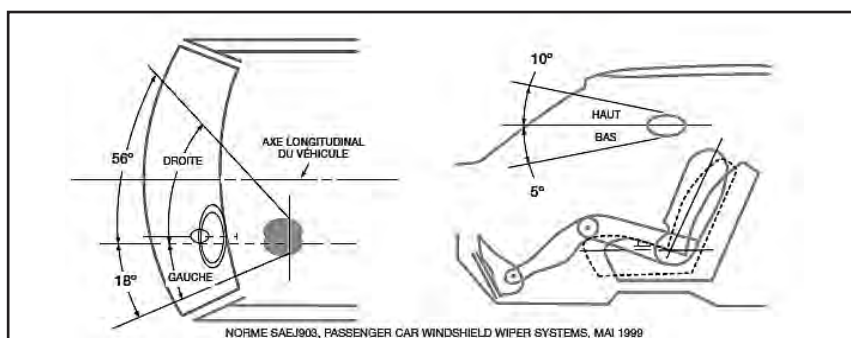
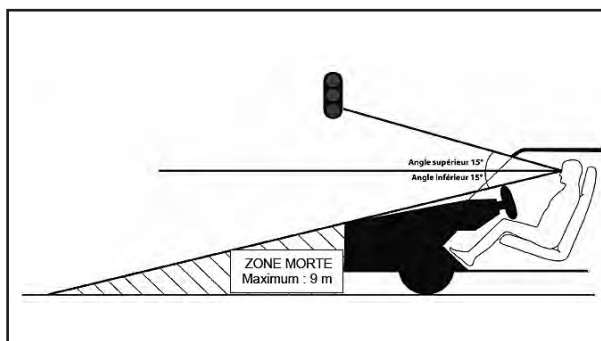


Figure 8 : Technique de CV tête immobile et yeux mobiles : réduction de 22 % de la surface du champ visuel monoculaire et de 25 % du champ visuel binoculaire lors de l'utilisation de la paire avec branche large (figure du bas) alors que la paire avec branche mince n'entraîne pas de réduction significative de champ visuel mono ou binoculaire [7].

Figure 9 : Casque modèle exo2000air. Sur le site www.lequipement.fr le champ visuel utile est noté, ici :

Champ de vision horizontal (mesuré) 170 °

Champ de vision vertical vers le haut (mesuré) 35 °

Champ de vision vertical vers le bas (mesuré) 20 °

Figure 10 : Le cône de visibilité optimal en conduite de voiture est d'au minimum 30°. modifiée d'après DUFORD [10].

Figure 11 : Dimensions du cône de visibilité latéral offertes par les essuie-glaces, lorsqu'il pleut [9].

Figure 12 : Système BLIS : Blind Spot Information System pour améliorer la vision dans l'angle mort du côté gauche en arrière de la voiture dans une aire de 9.5 mètres par 3.0 mètres. Ce système permet de détecter les motos, les voitures, les camions. Une LED jaune s'allume (cercle orange) si un véhicule est détecté dans le champ de la caméra (cercle rouge).

8	9
	10
11	12

longue (**Fig. 16**). Lors de bilan et/ou de rééducation en déplacement-locomotion-sécurité, on peut matérialiser au sol des carrés blancs et montrer au patient des stimuli différents pour mesurer sa zone de sécurité et sa zone d'anticipation. On aboutit à un schéma de champ visuel de sécurité-anticipation (**Fig. 17**).

Mais lors des déplacements, comme système de contrôle, nous avons accès à des informations spécifiquement liées au mouvement propre : le flux optique. Le flux optique correspond au mouvement apparent des objets, surfaces et contours d'une scène visuelle, causé par le mouvement relatif entre un observateur (l'œil) et la scène elle-même. Le flux optique permet de percevoir la vitesse relative du mouvement, ainsi que la direction du déplacement. Il est étudié en laboratoire par exemple sur simulateur de conduite, mais nous ne disposons de test simple clinique utilisable dans une problématique d'aptitude [12].

II.2. Les différentes techniques de champ visuel

II.2.1. Champ visuel monoculaire, périphérique, central

En aptitude visuelle, en cas d'utilisation d'un champ visuel monoculaire, celui doit être périphérique et central (**Fig. 18**). Il est encore obligatoire en handisport (cf chap 2.5.2).

Plusieurs auteurs ont proposé de construire un champ visuel binoculaire à partir des cartes de sensibilité de chacun des deux yeux, droit et gauche [13, 14]. Cependant on évitera de superposer le champ visuel de l'OD et le champ visuel de l'OG pour en déduire un champ visuel binoculaire. En effet si le phénomène de sommation binoculaire est connu depuis longtemps concernant la vision centrale, on ne sait pas comment les informations provenant des deux yeux sont fusionnées en vision périphérique. Il est difficile de prédire la façon dont deux champs visuels inhomogènes, disparates vont se combiner au niveau des centres supérieurs pour donner un champ visuel binoculaire unique, « le champ fonctionnel ». Un déficit monoculaire ou deux déficits sur chaque œil non superposable ne seront pas forcément détectés par l'étude du champ visuel binoculaire [15].

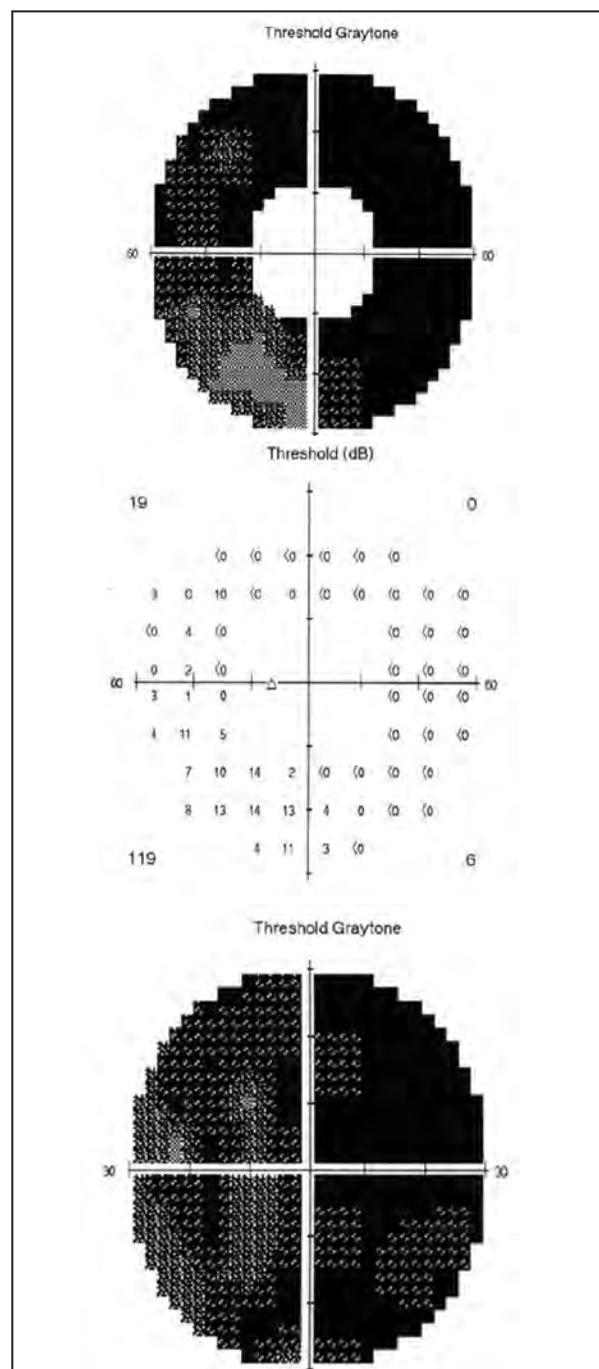


Figure 18 : Jeune femme de 21 ans, en compétition handisports atteinte d'une maladie de Stargardt grave avec Fundus Flavimaculatus, Son acuité est de LogMar 2 donc 1/100. Champs visuels Humphrey de l'OG : 60-4 qui ne teste qu'une couronne entre 30° et 60° d'excentricité d'une durée de 10 mn (figure du haut, celle du milieu donne le nombre de points vus) et un 30-2 (figure du bas) qui teste les 60° centraux en diamètre d'une durée de 9min16s : A la fois pour le CV et pour l'acuité elle est classée B2.

CHAPITRE III.1.2. LES CHAMPS VISUELS (BINOCULAIRE, ATTENTIONNEL, DE FUSION,...)

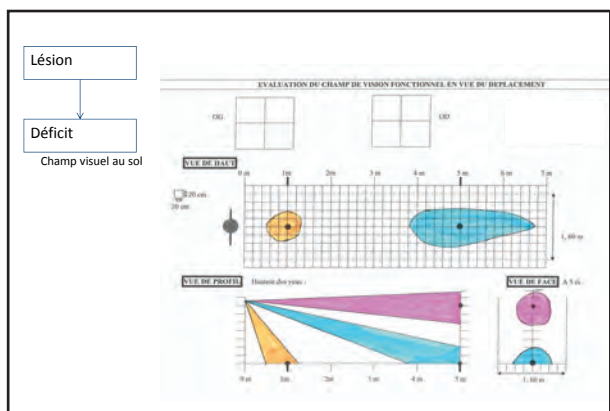
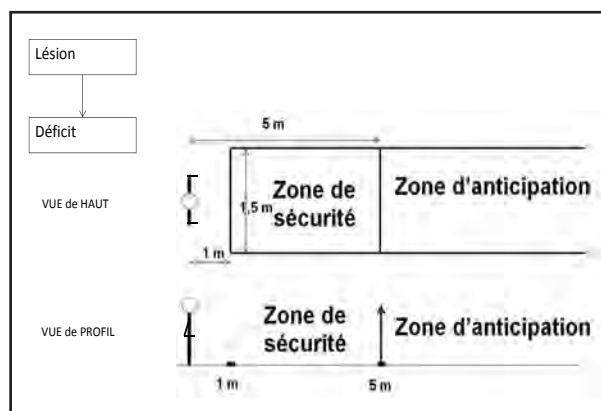
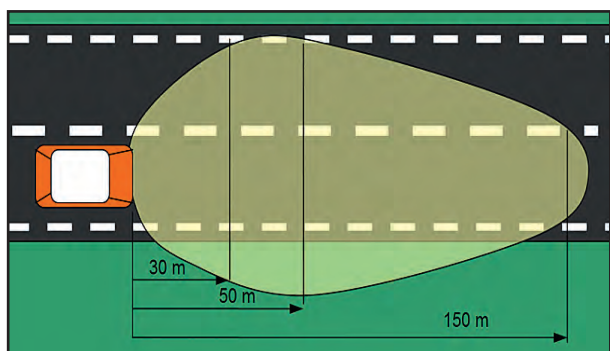


Figure 13 : Champ visuel utile procuré par le système d'éclairage en conduite de nuit. modifiée d'après RUIZO.

Figure 14 : Système automatique Volvo d'assombrissement du phare de droite en cas de croisement de la voiture venant en face.

Figure 15 : Système HUD couplé à un système de réalité augmentée pour améliorer en conduite de nuit la visibilité d'obstacle.

Figure 16 : Zone de sécurité, zone d'anticipation lors du déplacement d'un patient déficient visuel. Image de Desbordes L (instructrice en locomotion) et Travade I (orthoptiste) Poitiers.

Figure 17 : Patient avec un champ visuel tubulaire, projeté dans la zone de sécurité, dans la zone d'anticipation et sur l'horizon. Image de Desbordes L (instructrice en locomotion) et Travade I (orthoptiste) Poitiers.

13	14
15	16
17	

II.2.2. Champ visuel binoculaire, réalisé tête et yeux immobiles

Les premières publications sur la technique du champ visuel binoculaire par un auteur américain Esterman qui a laissé son nom à la technique, datent des années 1967 [16, 17, 18, 19, 20].

Toutes les recommandations internationales sur l'aptitude à la conduite [21, 22, 23], tous les guides barèmes d'expertises, de très nombreux textes sur l'aptitude visuelle professionnelle dont référence au champ visuel binoculaire selon la technique d'Esterman.

Plusieurs études de qualité de vie ont mis en évidence une relation entre le score d'Esterman et la qualité de vie particulièrement dans le glaucome [24, 25, 26, 27].

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° (**Fig. 2**).

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

C'est Esterman qui a proposé en 1967 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 (**Fig. 19**). Chaque rectangle a la même importance fonctionnelle :

il y a plus de rectangles dans les 40° centraux : la vision centrale est prioritaire

il y a plus de rectangles dans la partie inférieure : on privilégie la détection d'obstacle bas situé pour la marche

il y a plus de rectangles sur le méridien horizontal : on privilégie la ligne d'horizon

En France, cette grille a été modifiée par Foels et Jonquères, elle divise le champ visuel en 85 rectangles de surface inégale. Chaque rectangle non vu donne 1 % de taux médical d'incapacité (**Fig. 20**). Le taux d'incapacité d'après la loi française est au maximum de 85 % en binoculaire alors qu'il est au maximum de 100 % dans d'autres pays [28].

En aptitude, l'intérêt du champ visuel binoculaire est plus fonctionnel que diagnostique. Au-delà de l'attribution d'un taux d'incapacité, il participe à

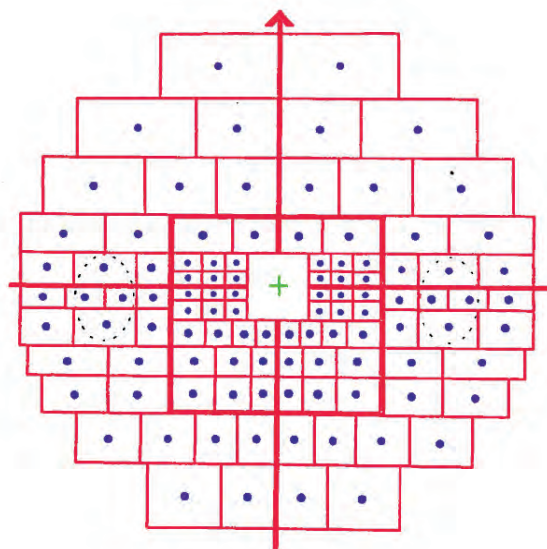


Figure 19 : La première carte de pondération de champ visuel binoculaire par Esterman en 1967 [16].

l'évaluation des possibilités visuelles résiduelles des déficients visuels [29, 30, 31].

Par contre cette technique n'est pas adaptée à l'étude des petits déficits centraux soit en profondeur soit en surface. Esterman donnait la valeur de 3° de déficit central en deçà de laquelle la technique n'est plus utilisable [16], dans notre pratique avec la grille française qui ne comprend que 85 rectangles c'est plutôt 10°.

L'arrêté français du 31 août 2010 ne donne aucune précision sur la technique de champ visuel à utiliser. Mais il renvoie à la directive européenne de 2009 [32] qui lui-même renvoie au texte publié par un comité d'expert en 2005 [33] : ce texte recommande d'utiliser un test de champ de vision binoculaire spécialement conçu pour l'aptitude à la conduite nommée « **Traffic perimetry algorithm** » ; Il doit tester 100 points sur une surface de 120° sur 40°, dont les 20° centraux (en rayon) doivent contenir au minimum 25 points (**Fig. 21**).

La luminance doit être en supraliminaires, au minimum 8dB au-dessus du seuil d'une population de même âge.

La luminance des tests doit être de 8 dB au-dessus du seuil d'une population de référence âgée de 80 ans. C'est donc un déficit relatif qui est recherché. L'appareil de champ visuel doit respecter la norme ISO12866 [34], mais cette norme recommande 70°

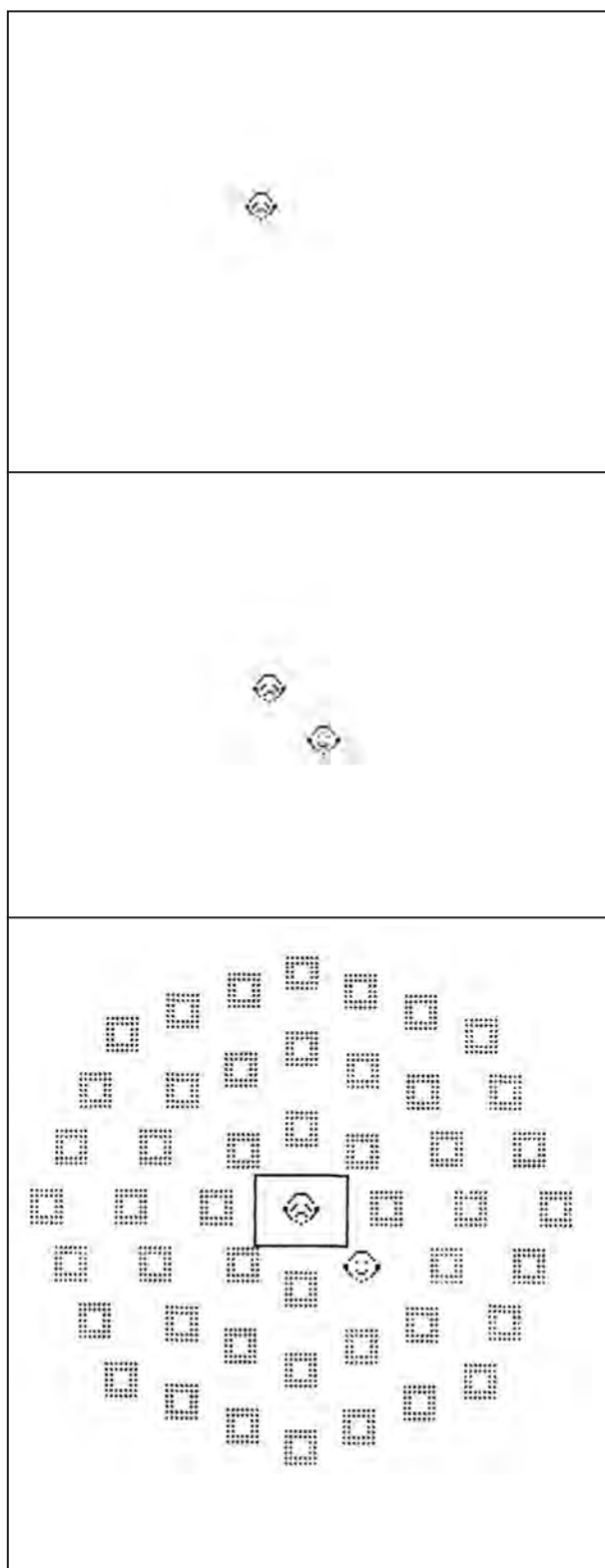


Figure 20 : Champ visuel binoculaire du guide barème MDPH, selon la technique d'Esternan : chaque rectangle doit être testé avec une taille et une luminance précise de spot lumineux (III 4 e).

par rapport au centre sur le méridien horizontal alors que la directive européenne et l'arrêté français du 31 août 2010 exigent 80°.

C'est en fait celle recommandée par la « German Ophthalmological Society [35] ».

En Belgique le CARA utilise une grille avec 156 points (cf chap 2.2)

En France, depuis de nombreuses années, les ophtalmologistes experts et les ergo-ophtalmologistes utilisent la même grille de champ visuel binoculaire, celle que l'on retrouve dans tous les guides barèmes (Cf ENCART L'expertise ophtalmologique : les liens avec une aptitude, aspects médico-légaux), [36]. Ce champ visuel binoculaire se réalise en coupole, avec un fond de 10cd/m² et un index en équivalent Goldmann III/4e. Cette grille de champ visuel dite « Esternan » comprend classiquement 85 points (**Fig. 20**), dont 25 points dans les 40° centraux (**Fig. 20**). Cette grille française a été implantée sur des appareils semi-automatiques comme l'Octopus 900 et le moniteur ophtalmologique. Sur ces deux appareils, la technique supraliminaires est utilisée donnant un résultat en déficit relatif (**Fig. 22**). Avec un Goldmann manuel, on teste en mode statique les 85 points en vu/non vu, il est souhaitable d'y associer un isoptère périphérique réalisé en cinétique avec le même index III 4

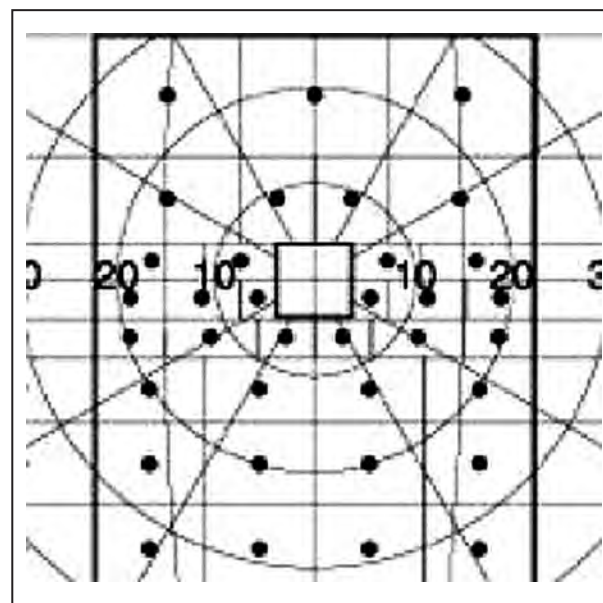


Figure 21 : 20° centraux (en rayon) de la grille d'Esternan française qui contient 25 points, ce que recommande le groupe d'expert de 2005 avec son Traffic perimetry algorithm [33].

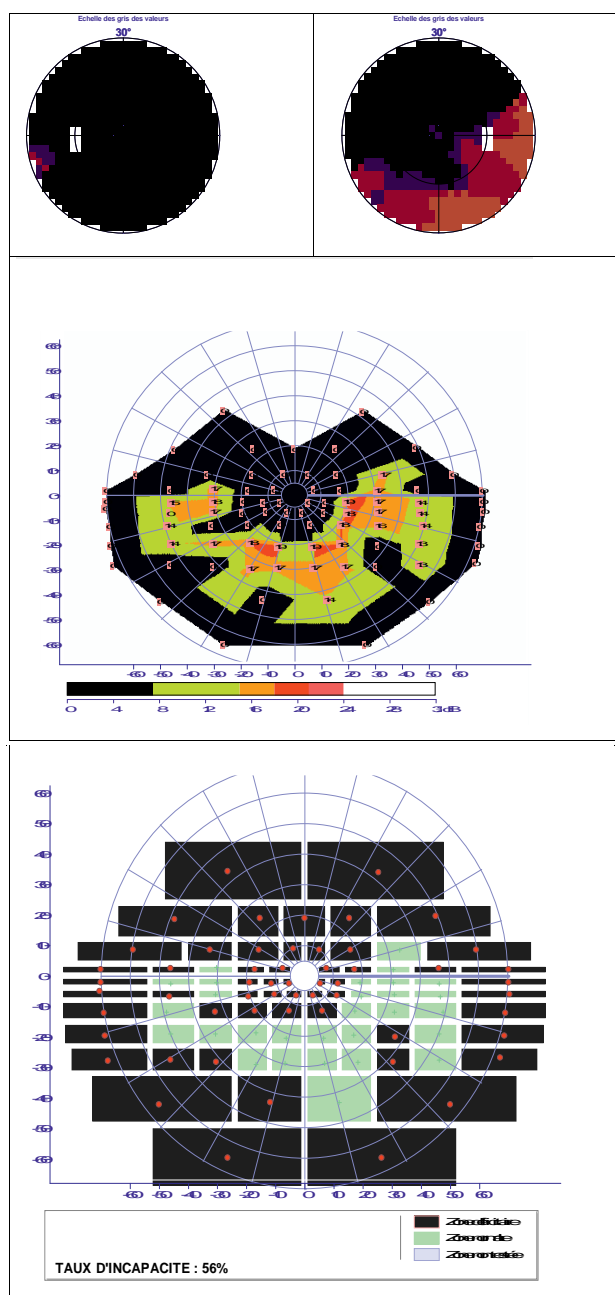


Figure 22 : Homme de 60 ans, ancien peintre, en bâtiment atteint de glaucome très grave compliquant une myopie de -10 dioptries, ayant stoppé la conduite à 58 ans, n'ayant aucune reconnaissance de handicap :
 - en haut : les champs visuels monoculaires sur Octopus
 - au milieu le champ visuel binoculaire en supraliminaire : en noir les déficits très profonds allant de 7 db à 0db (déficit absolu). Le champ visuel binoculaire paraît moins atteint que la superposition des 2 champs visuels monoculaires (cf chap 7.3)
 - en bas : seul les déficits absolus sont comptabilisés pour le calcul du taux d'incapacité ici de 56 %.

e. Seuls les déficits absolus (en III 4 e) sont comptabilisés pour le calcul du taux d'incapacité dans les guides barèmes (**Fig. 22**). Un déficit profond mais non absolu ne donne aucun pourcentage alors que ce déficit représente une déficience visuelle certaine (cf simulation de déficit visuel dans les chap 7.3 et chap 7.8).

On remarque que si le champ visuel binoculaire « 85 rectangles » est bien adapté à la réglementation européenne et française qui exige 120° sur le méridien horizontal pour le groupe 1 « permis léger », elle est insuffisante pour le groupe 2 « permis lourd » (**Fig. 23**). D'où l'intérêt de réaliser un isoptère périphérique cinétique en III 4 e.



Figure 23 : Norme européenne et française pour le groupe 2 « poids lourd », il faut 160° sur le méridien horizontal, hors les points les plus périphériques sur le méridien horizontal de la grille d'Esterman française sont situés à 70° par rapport au centre (160°).

En pratique, et en l'absence de recommandations spécifiques :

- en Goldmann manuel, il semble raisonnable de respecter les paramètres de présentation usuels pour l'examen du champ visuel : 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 déplacer la mentonnière pour surveiller le meilleur œil. Puis tester les 85 points de la grille d'Esterman « française » en statique apparition disparition du point lumineux. Il faut bien sûr étudier les 85 points répartis dans le champ visuel binoculaire et de ne pas contenter en expertise d'un simple isoptère périphérique. Les recommandations allemandes de la DOG conseillent 100 points en

statique sur 60° en vertical et 70° en horizontal [35]. Une alternative possible est d'utiliser le Goldmann entièrement en statique sur 12 méridiens avec les objets (III/4, I/4, I/2, I/1).

- 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. En périmétrie automatisée, tous les indices de fiabilité (perte de fixation, d'attention,...) ne sont pas utilisables, il est indispensable de rester avec le patient et de surveiller sa fixation par le système de vidéo, et ne pas hésiter à faire des pauses.

Que ce soit en expertise ou en aptitude, le champ visuel binoculaire est réalisé avec la correction habituelle (y compris la monture). Une étude personnelle chez 22 patients présentant des atteintes du champ visuel binoculaire plus ou moins marquée, n'a pas montré de différence significative pour le taux médical d'incapacité, qu'il soit réalisé sans ou avec les lunettes portées habituellement par le patient.

II.2.3. UFOV (useful field of view) champ visuel attentionnel [37, 38, 39]

Cette technique de champ visuel est très intéressante en pathologies neurovisuelles à la fois pour établir un diagnostic des troubles du champ visuel, mais surtout pour donner des indications aux médecins de rééducation, au médecin du travail, au moniteur d'auto-école avant les essais de mise en situation de conduite (cf chap 2.2, 3.1.8, 3.9, 7.10.2). Plusieurs auteurs ont montré une forte corrélation entre la fréquence des accidents et les performances du champ visuel attentionnel (UFOV) [40, 41, 42, 43]. Il s'agit d'une technique de double tâche visuelle. Le test est divisé en trois étapes successives.

II.2.4. Champ visuel de fusion [44, 45, 46, 47]

L'examen du champ de vision binoculaire du regard objective la manière dont le sujet utilise dans la vie courante la possibilité de fusion.

Le sujet est placé devant la coupole du périmètre de Goldmann muni de lunettes vert-rouge (vert-rouge devant l'œil droit et vert-vert devant l'œil gauche) le menton du patient est disposé de telle façon que le point de fixation du Goldmann se projette entre les deux yeux, la tête étant immobile.

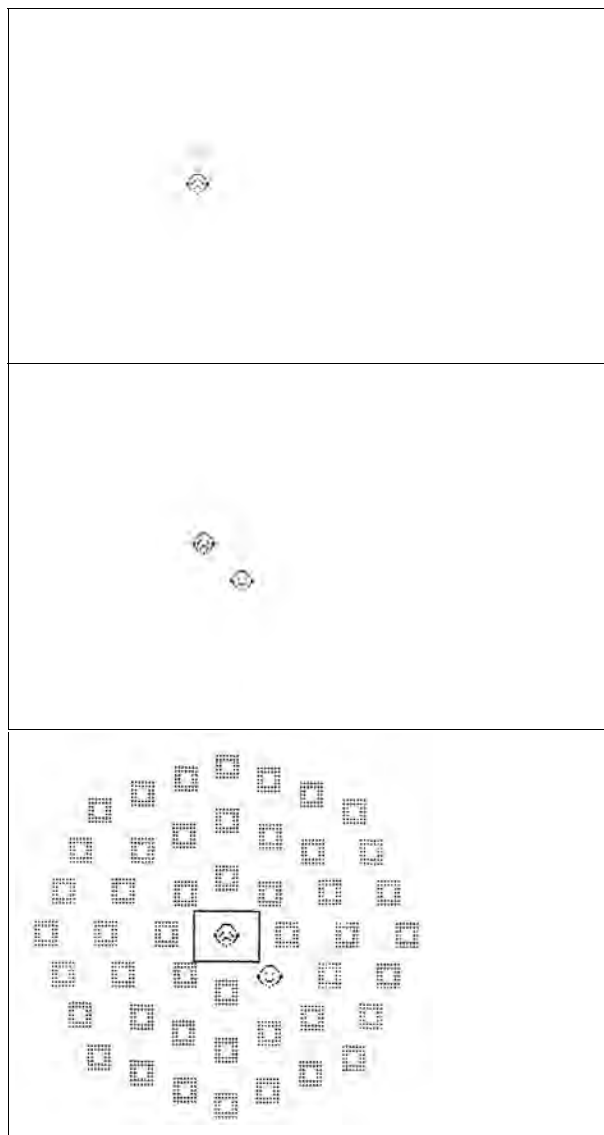


Figure 24 : Première version du champ visuel attentionnel UFOV

- en haut : mesure de la vision centrale : identifier un objet au centre : ici un visage triste qui apparaît de temps en temps
- au milieu : attention divisée : identifier un objet au centre et en même temps localiser un objet périphérique ici un visage souriant : double tâche
- en bas : attention sélective : identifier un objet au centre et en même temps localiser un objet périphérique mais en étant gêné par avec des distracteurs (les carrés). Dans chaque tâche on mesure :
 - Proportion de réponses correctes
 - Temps de réponse

On projette le test blanc V/4 de Goldmann en le présentant du centre à la périphérie le long des principaux méridiens et on demande au sujet de suivre

ce test en déplaçant ses yeux, mais sans bouger le visage.

Le patient doit indiquer la couleur de la plage lumineuse :

il y a fusion lorsque le test est vu blanc

il y a diplopie lorsque le test est vu double : rouge ou vert

il y a neutralisation lorsque le test est vu par un seul œil : un rouge ou un vert

Les réponses sont retranscrites pour chacune des positions du regard sur un relevé périphérique habituel où les zones de diplopie et de fusion apparaissent nettement.

Normalement la zone centrale de fusion de forme losangique à grand axe vertical chez le sujet normal, correspond à la projection des deux champs visuels monoculaires (**Fig. 25**).

Parfois on réalise le champ de fusion sans lunettes rouge-verte qui ont tendance à trop dissocier. La consigne plus difficile pour le patient est d'indiquer à quel moment le test blanc se dissocie.

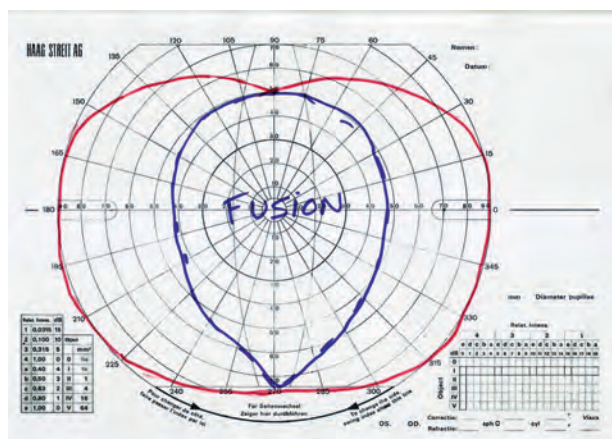


Figure 25 : Champ de fusion chez un sujet normal avec lunettes rouge-verte.

En cas de diplopie, la zone de diplopie peut occuper tout le champ compris entre les deux croissants temporaux de neutralisation ou coexister avec un champ de fusion plus ou moins étendu, ainsi par exemple dans une paralysie du droit latéral gauche, on observe en quadrillé la zone de diplopie centrale, en blanc la zone de fusion résiduelle et en hachuré les zones de neutralisation (**Fig. 26, 27, 28**).

Ce champ de vision binoculaire est intéressant en période de consolidation où il est parfois nécessaire de préciser le taux d'invalidité pour une diplopie résiduelle.

II.3. Les appareils

II.3.1. Les systèmes de champ visuel binoculaire de dépistage

Champ visuel par confrontation

Plusieurs recommandations internationales [21, 22, 23] citent le champ visuel par confrontation en dépistage de masse pour l'aptitude à la conduite, l'aptitude professionnelle :

Dans une pièce bien éclairée, on fait asseoir le patient et on se place soi-même strictement en face, assis, à une distance de 60 cm, le patient doit fixer des deux yeux le nez de l'examineur, de même pour l'examineur qui doit en même temps vérifier la compréhension-coopération de son vis à vis et surtout sa fixation.

Une fois la fixation du patient assurée, l'examineur déplace le stimulus (sa main, ou mieux une boule blanche au bout d'un bâton noir) d'une manière centripète dans un plan vertical situé à mi-chemin entre les deux têtes et cela successivement dans les quatre quadrants (supéro-nasal, inféro-nasal, inféro-temporal et supéro-temporal). Le patient doit dire "oui" dès qu'il voit apparaître le stimulus (main, boule, objet, crayon,...) et l'examineur juge de la pertinence de ces réponses en fonction de ce qu'il perçoit lui-même.

Cet examen ne nécessite aucun appareillage spécifique et aucune calibration.

Il s'agit d'une méthode simple de dépistage dont la principale indication est liée à l'impossibilité d'utiliser un instrument de champ visuel. Il permet de mettre en évidence des déficits importants de type neurologiques, ou des champs visuels tubulaires de type glaucome grave, rétinopathie pigmentaire évoluée (**Fig. 29**).

Grille d'Amsler

Il s'agit carré quadrillé au centre duquel se trouve le point de fixation du sujet. Quand le sujet fixe le point, on lui demande s'il existe une ou des zones où il voit mal ou ne voit pas le quadrillage. Même si ce test est cité dans certain texte réglementaire (expertise MDPH cf ENCART L'expertise ophtalmologique : les liens avec une aptitude, aspects médico-légaux), Verriest ne conseille pas son emploi [48]. En effet, leurs résultats dépendent trop de l'observateur (**Fig. 30**).

CHAPITRE III.1.2. LES CHAMPS VISUELS (BINOCULAIRE, ATTENTIONNEL, DE FUSION,...)

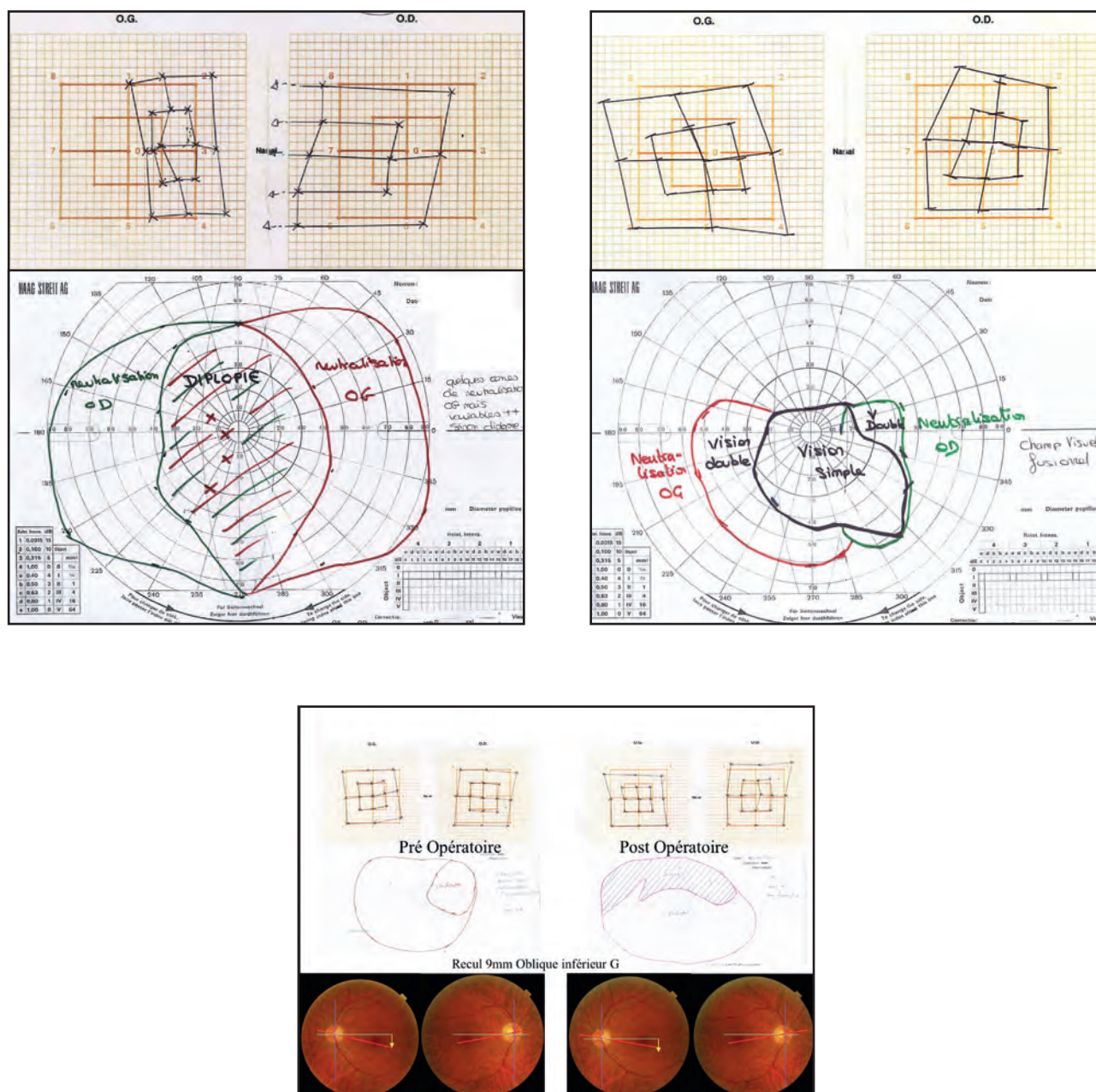


Figure 26 : Paralysie du VI G datant de 2 mois, en haut Heiss-Weiss, en bas champ de fusion au Goldmann avec lunettes rouge-verte.

Figure 27 : Paralysie du IV droit acquise champ de fusion sans prisme : aucune zone de fusion, voit double dès le centre en haut Heiss-Weiss

en bas : champ de fusion avec prisme : bonne zone de fusion dans les 20° horizontaux et 50° verticaux
Figure 28 : Homme de 54 ans agriculteur victime d'une chute de 8m avec traumatisme crânien. Bilan réalisé 18 mois après le traumatisme. Paralysie du IV G. Attitude de torticolis avec tête tournée vers la droite et rejetée en arrière entraînant une gêne majeure dans son travail. Heiss-Weiss, champ de fusion sans lunettes de dissociation, et rétinophotographie pré et postopératoire (Crédit Dr Llamas).

26	27
28	

CHAPITRE III.1.2. LES CHAMPS VISUELS (BINOCULAIRE, ATTENTIONNEL, DE FUSION,...)

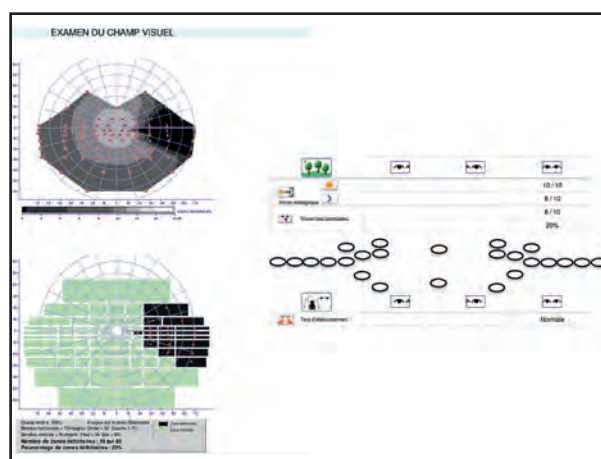
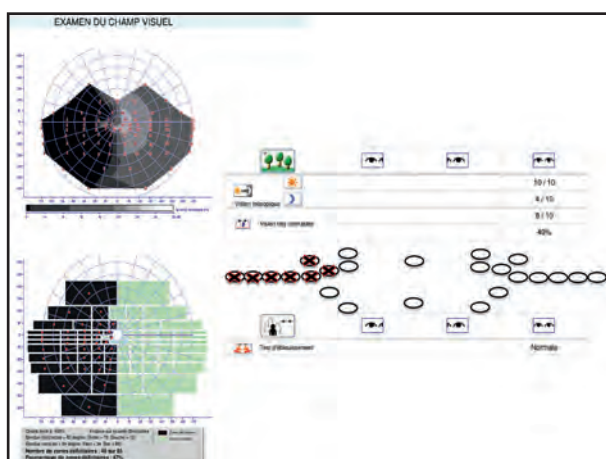
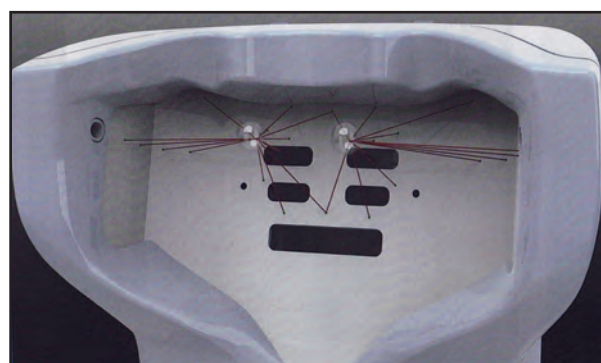
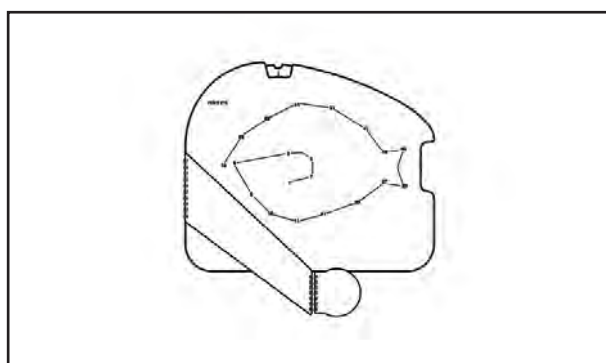
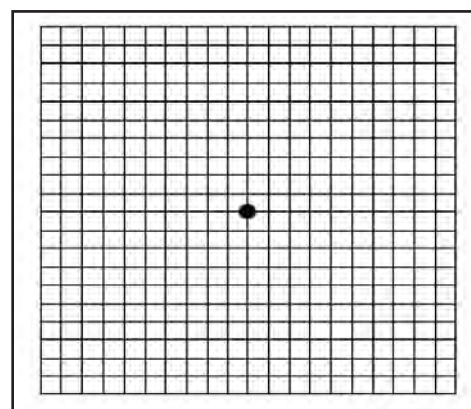
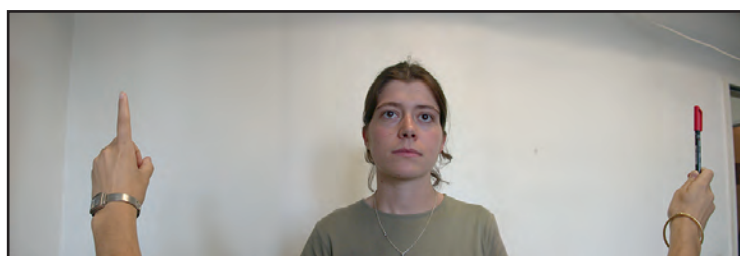


Figure 29 : Champ visuel par confrontation : la patiente fixe le visage de l'examineur : la consigne est de dire si le stylo rouge bouge ou non.

Figure 30 : Champ visuel par confrontation.

Figure 31 : Champ visuel carton monoculaire de DAMATO.

Figure 32 : Grille de point utilisé sur l'Ergovision® en champ visuel binoculaire.

Figure 33 : Patient présentant une hémianopsie latérale homonyme gauche : bonne corrélation entre le champ visuel binoculaire sur Moniteur Ophtalmologique® (à gauche) et l'Ergovision® (à droite).

Figure 34 : Patient présentant une quadranopsie latérale homonyme supérieure droite : mauvaise corrélation entre le champ visuel binoculaire sur Moniteur Ophtalmologique (à gauche) et l'Ergovision® (à droite) qui ne retrouve aucun déficit périphérique.

29	30
31	32
33	34

Champ visuel carton type Damato [49]

Il s'agit d'un champ visuel monoculaire régulièrement cité comme système peu onéreux et utilisable en dépistage de masse. Nos essais d'une utilisation en binoculaire se sont révélés décevants (**Fig. 31**).

Ergovision® d'Essilor

Cet appareil possède une procédure de champ visuel de dépistage avec 24 points essentiellement placé sur un axe horizontal et sans aucun point dans les 40° centraux. Cet appareil ne répond pas aux critères européens et français pour le groupe 1 (permis léger) et pour le groupe 2 (permis poids lourds), par manque de points testés en périphérie et par manque de point dans les 40° centraux (**Fig 32, 33, 34**).

Le FAV® de Stereoptical ne possède qu'un dépistage très limité avec seulement 3 points périphérique (3 points périphériques (55° 70° et 85°) en champ visuel binoculaire, quand au Visiolite® de FIM, il n'y a pas de procédure de champ visuelbinoculaire.

II.3.2. Les appareils de champ visuel contenant une procédure « binoculaire »

Tous les appareils de champ visuel possèdent des procédures de champ visuel binoculaires [1]. Certains appareils ont un champ limité, mais proposent astucieusement de décaler en cours d'examen le point de fixation. C'est le cas du Medmont® (**Fig. 35**) et du Moncpack® et du MonCV3® de Metrovision.

Les autres appareils sont des coupoles capables de projeter des points très en périphérie, donc compatible avec la réglementation européenne et française du groupe 2 (permis poids lourds) (**Fig. 23**).

La référence reste le Goldmann manuel (**Fig 36**) ou sa version moderne de Metrovision (**Fig. 37**). Ils peuvent faire n'importe quelle carte de points en variant les index de luminance de surface du test présenté.

L'appareil Humphrey® utilise une grille de 120 points en supraliminaire (3 zones) avec un index III/4 (**Fig. 38**).

De même le modèle 900 d'Octopus propose une grille de 120 points toujours en III/4 (**Fig. 40**).

Les trois stimulateurs de champ visuel de Metrovision, présentent différentes grilles de champ visuel binoculaire, les 85 points surtout utilisé en expertise et basse vision, une procédure pour le groupe 1 (permis léger) et une procédure pour le groupe 2 (permis lourd) (**Fig. 41**).

II.5. Champ visuel et aptitude**II.5.1. CV et accidentologie**

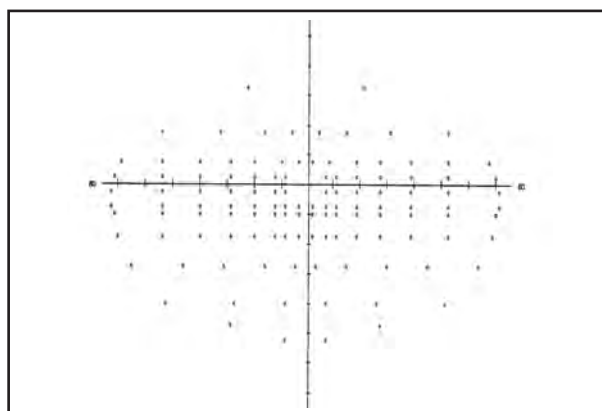
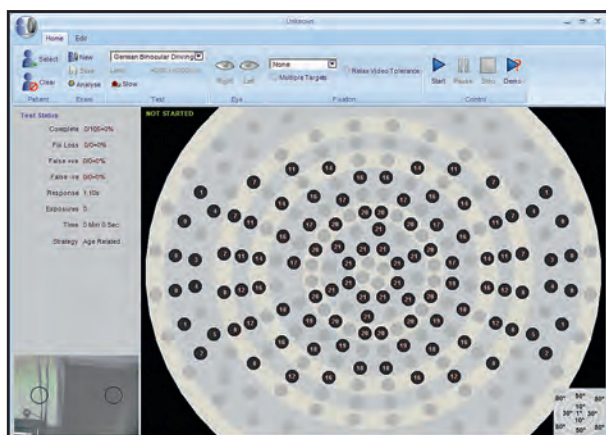
Toute pathologie entraînant une destruction insidieuse et irréversible du champ visuel peut altérer gravement l'aptitude à la conduite : ceci s'applique à la rétinite pigmentaire, à la rétinopathie diabétique panphotocoagulée [50], au glaucome [51]. La relation entre les altérations du champ visuel binoculaire et les accidents de la route a été rapportée dans de nombreuses études [52, 53]. Dans une étude portant sur 10 000 patients, Johnson [51] a montré que le taux d'accident était significativement plus élevé chez les conducteurs ayant une atteinte du champ visuel binoculaire alors qu'il était identique au groupe contrôle pour les sujets qui ne présentent qu'une atteinte monoculaire. Owsley [54] a démontré que le nombre d'accidents de la route était plus élevé chez les glaucomateux alors même que la vision centrale est parfaitement conservée.

Le champ binoculaire permet facilement de mesurer les zones déficitaires, et d'en déduire la gêne fonctionnelle dans la vie quotidienne, et donne des renseignements très utiles en aptitude : travail en hauteur, travail sur machine en mouvement, utilisation de véhicule (**Fig. 42**).

SIGLE

BLIS Blind Spot Information System

CHAPITRE III.1.2. LES CHAMPS VISUELS (BINOCULAIRE, ATTENTIONNEL, DE FUSION,...)



35	36
37	38
39	

Figure 35 : Medmont® : procédure de champ visuel binoculaire proposée pour l'Allemagne.

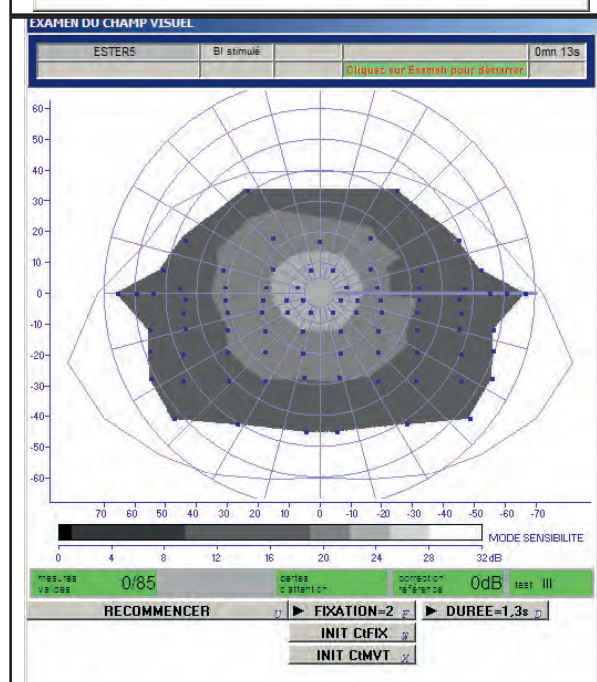
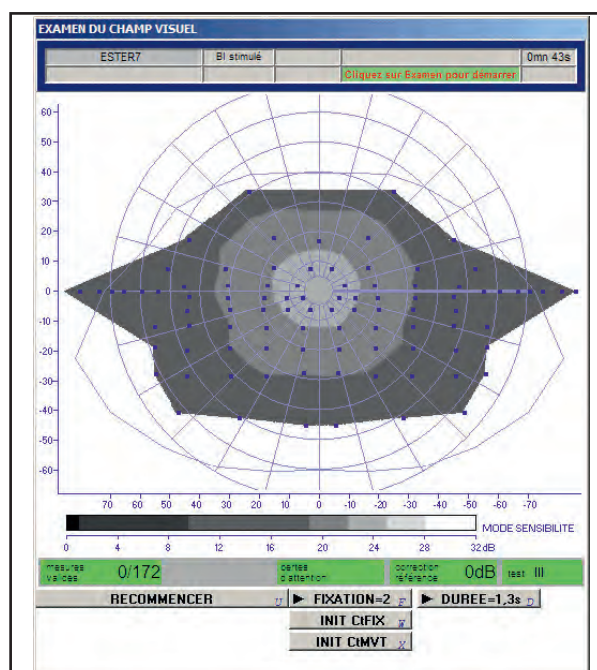
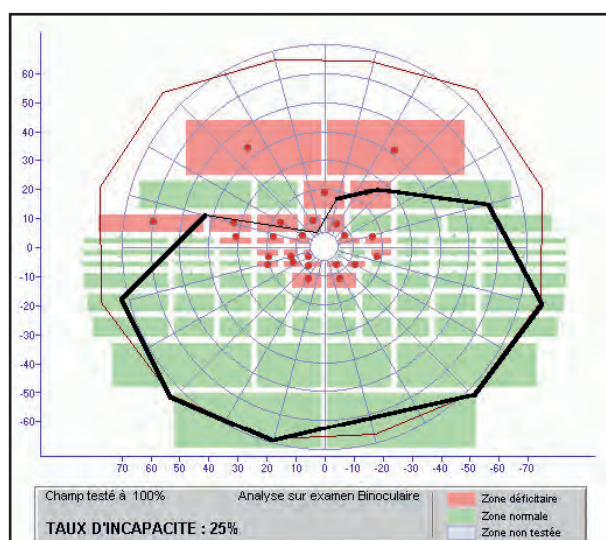
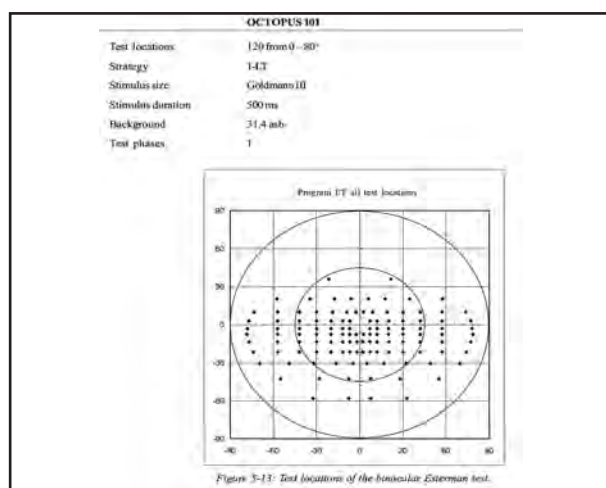
Figure 36 : Le Goldmann manuel.

Figure 37 : Version moderne du Goldmann de Metrovision, ou le crayon est remplacé par un stylet sur une tablette numérique.

Figure 38 : Champ visuel binoculaire d'Esterman de 120 points de 10 dB (Humphrey Zeiss®).

Figure 39 : Positionnement du patient en cours de champ visuel binoculaire d'Esterman de 120 points de 10 dB (Humphrey Zeiss®). Le patient conserve les lunettes qu'il porte habituellement.

CHAPITRE III.1.2. LES CHAMPS VISUELS (BINOCULAIRE, ATTENTIONNEL, DE FUSION,...)



40	
42	41

Figure 40 : Champ visuel binoculaire d'Esterman de 120 points d'Octopus 900®.

Figure 41 : Procédure de champ visuel binoculaire pour le groupe 1 (permis léger figure du haut) et une procédure pour le groupe 2 (permis lourd figure du bas).

Figure 42 : Homme de 42 ans atteint d'un glaucome grave avec 0,7 (7/10) d'acuité visuelle centrale : en rose les zones aveugles. En situation de conduite, ce patient n'a pas vu la voiture arrivant de la gauche et n'a pas géré la voiture arrivant derrière. L'analyse du champ visuel binoculaire retrouve dans les mêmes zones de « non-vision », un déficit absolu.

REFERENCES

1. **Zanlonghi X, Defoort-Dhellemmes S.** Champ visuel de l'adulte. Du signe clinique au diagnostic, imagerie et exploration de la vision Chapitre I-A- III-1 du rapport spécial BSOF 2012, Ed. Lamy Marseille, pp 35-52
2. **Dubois-Poulsen A, Francois P, Tibi A, Magis C.** Le champ visuel. Topographie normale et pathologique et ses sensibilités. *Rapport de la Société Française d'Ophthalmologie*, Ed MASSON, Paris, 1952, 1175pp
3. **Denion E, Dugué AE, Coffin-Pichonnet S, Augy S, Mouriaux F.** Eye motion increases temporal visual field extent. *Acta Ophthalmol.* 2013 Apr 16. doi: 10.1111/aos.12106.
4. **Diffrient N, Tilley AR, Bardagjy JC.** Humanscale 1 2 3 MIT Press, 1974
5. **Maltz M, Shinar D.** Eye movements of younger and older drivers. *Hum Factors*, 1999 Mar;41(1):15-25
6. **Owsley C.** Visual perceptual / cognitive correlates of vehicle accidents in elderly drivers. *Psychology and Aging*, 1991, 6, 403-415
7. **Denion E, Dugué AE, Augy S, Coffin-Pichonnet S, Mouriaux F.** Sunglasses with thick temples and frame constrict temporal visual field. *Optom Vis Sci.* 2013 dec, In press
8. **Tilley AR, Dreyfuss H Associates.** The measure of Man & Woman : human factors in design. (revised edition). S.L. : Wiley, 2001., 104 p
9. **Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ).** Les véhicules modifiés ou de fabrication artisanale. Québec : Société de l'assurance automobile du Québec, 2004 (Révisé en 2006). 24 p.
10. **Duford MC.** Aménagement de l'habitable de véhicule de patrouille : Analyse ergonomique et élaboration d'outils et de recommandations pour prévenir les troubles musculo-squelettiques et améliorer le confort et l'efficacité des patrouilleurs. *Mémoire Présenté Comme Exigence Partielle De La Maîtrise En Biologie*, Université Du Québec A Montréal, 2010, 231p
11. **Akkermans L.** Moyens techniques pour la prévention des accidents dus aux angles morts des camions. Etude de littérature. *IBSR, Observatoire pour la sécurité routière*, Bruxelles, 2009, 33p
12. **Authiè C, Hilt P, N'Guyen S, Berthoz A, Bennequin D.** Pourquoi le regard anticipe-t-il la trajectoire locomotrice? In *Clinical Neurophysiology*, 2010, Vol. 42, pp. 388-389
13. **Crabb DP, Viswanathan AC, McNaught AI, Poinoosawmy D, Fitzke FW, Hitchings RA.** Simulating binocular visual field status in glaucoma. *Br J Ophthalmol* 1998;82:1236-1241.
14. **Nelson-Quigg JM, Cello K, Johnson CA.** Predicting binocular visual field sensitivity from monocular visual field results. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000;41:2212-2221.
15. **Laverdure G.** Contribution de l'étude du champ visuel binoculaire dans l'évaluation de la qualité de vie et l'aptitude à la conduite automobile du glaucomateux. *Thèse de Médecine, Université du droit et de la santé - Lille II, Faculté de médecine*, 2004, 111 p.
16. **Esterman B, Rockaway F.** Grids for scoring visual fields. I. tangent screen. *Arch. Ophthalmol.* 1967, 77, 780-786
17. **Esterman B.** Grids for scoring visual fields. II. Perimeter. *Arch. Ophthalmol.*, 1968, 79, 400-406
18. **Esterman B.** Functional scoring of the binocular field. *Ophthalmology*, 1982, 89, 1226-1234
19. **Esterman B.** Grids for functional scoring of visual fields. Greve E.L., Verriest G., *Fourth Int. Visual Fields Symposium, Bristol, 1980, W. Junk by Publ., The Hague. Doc. Ophthalmol. Proc. Series*, 1981, 26, 373-380
20. **Esterman B.** Functional scoring of the binocular visual field. GREVE E.L., HEIJL A., *Fifth International Visual Field Symposium, Sacramento, October 20-23, 1982, Dr Junk Publ., The Hague. Doc. Ophthalmol. Proc. Series*, 1983, 35, 187-192.
21. **Keightley S, Elliott A.** Visual Standards for Driving. Driver and Vehicle Licensing Agency (DVLA) www.dvla.gov.uk, revised 2008 2008
22. **Casson EJ, Racette L.** Vision standards for driving in Canada and the United States. A review for the Canadian Ophthalmological Society. *Can J Ophthalmol.* 2000 Jun; 35(4):192-203.
23. **Driver and rider eyesight standards** <http://www.transport.wa.gov.au>
24. **Jampel HD, Friedman DS, Quigley H, Miller R.** Correlation of the binocular visual field with patient assessment of vision. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002;43:1059-1067
25. **Jampel HD.** Glaucoma patients' assessment of their visual function and quality of life. *Trans Am Ophthalmol Soc* 2001;99:301-317.
26. **Parrish RK, Gedde SJ, Scott IU, Feuer WJ, Schiffman JC, Mangione CM, Montenegro-Piniella A.** Visual function and quality of life among patients with glaucoma. *Arch Ophthalmol* 1997;115:1447-1455.
27. **Mills RP, Drance SM.** Esterman disability rating in severe glaucoma. *Ophthalmology* 1986;93:371-378.
28. **Foels A., Jonquieres J.** L'estimation médico-légale du handicap : intérêt de l'étude du champ visuel binoculaire. *Bull. Soc. Ophthalmol. France*, 1989, 89, 4, 513-521
29. **Verriest G, Barca L, Dubois-Poulsen A.** The occupational visual field : I. *Documenta Ophthalmologica Proc. Series*, 1983, 35, 165-185 1983
30. **Verriest G.** The occupational visual field : II. HEIJL A. GREVE E.L. : *Sixth International Visual Field Symposium. Santa Margherita Ligure, May 27-31, 1984. Dr Junk Publ., Dordrecht. Doc. Ophthalmol. Proc. Series*, 1985, 42, 281-326

31. Verriest G. Percentage impairment by visual field defects. GREVE E.L., HEIJL A. : *Seventh International Visual Field Symposium, Amsterdam, September 6-10, 1986. Martinus Nijhoff, Dr W. Junk Publ., Dordrecht. Doc. Ophthalmol. Proc. Series*, 1987, 49, 505-525
32. Directive 2009/113/CE de la Commission du 25 août 2009 modifiant la directive 2006/126/CE du Parlement européen et du Conseil relative au permis de conduire
33. Dr LJ van Rijn and Coll. New standards for the visual functions of drivers. *Report of the Eyesight Working Group. Brussels, May 2005, 35pp.*
34. ISO12866/Amendement 1 NF EN ISO 12866/A1, version janvier 2009, www.afnor.fr, Instruments ophtalmiques - Périmètres
35. Stellungnahme. der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft (DOG) und des Berufsverbands der Augenärzte Deutschlands (BVA). zur Änderung der Fahrerlaubnisverordnung (FeV) zum 1. 7. 2011 <http://www.dog.org>
36. Sander MS, Zanlonghi X. L'examen du champ visuel pour l'évaluation du handicap visuel. *J. Fr. d'Orthoptique*, 1996, N°28, 139-148
37. Ball K, Beard B, Roenker D, Miller R, Griggs D. Age and visual search : expanding the useful field of view. *J. Optical Society of America*, 1988, A5, 2210-2219
38. Coeckelbergh TRM. Effect of compensatory viewing strategies on practical fitness to drive in subjects with visual fields defects causes by ocular pathology. *Thesis Ph.D., Rijksuniversiteit Groningen*, 2002, 164 p.
39. Lazure P. Etude de la relation entre le champ visuel et le champ visuel utile chez les personnes atteintes d'hémianopsie. *Mémoire Université Montréal*, 2003, 293 p
40. Ball K, Owsley CJ, Sloane ME, Roenker DL. Visual attention problems as a predictor of vehicle crashes in older drivers. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 1993, Vol. 34, 3110-3123
41. 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 Docteur spécialité Neurosciences*, 2001, 247pp
42. 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 Docteur Psychologie, spécialités neuropsychologie et psychophysiologie, Strasbourg*, 2003, 315pp
43. Rubin GS, Ng E, Bandeen-Roche K, Keyl P, Freeman E, West S, SEE Project team A prospective, population-based study of the role of visual impairment in motor vehicle crashes among older drivers : the SEE study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007;48:1483-1491
44. Woillez P, Besnard MJ, Louly M., Brabant E. Nouvelle méthode de mesure de fusion avec les verres de Bagolini. *Journal Français d'orthoptique*, 1975, 125-130
45. Perdriel G. Champ visuel binoculaire du regard : technique et indications dans les paralysies oculomotrices. *J. Fr. d'Orthoptique*, 1971, 106-111
46. Besnard MJ. Orthoptie pratique. Ed DOUIN, 1983, p p 1 9 8 www.strabisme.net/strabologie/Telechargement/files/OrthPratique.pdf
47. Gracis GP, Cattini G. La mesure du champ de vision binoculaire simple par la méthode de la grille transparente dans la diplopie. *Bull. Soc. Ophtalmol. Fr.*, 1997, N°1, vol. XCVII, 54-57
48. Verriest G, Van Castele J. Le champ visuel clinique. *Acta Belgica de Arte Medicinali et Pharmaceutica, militari*, 1972, 18 : 35-205
49. Damato BE. Oculo-kinetic perimetry. *Res. Clin. Forums*, 1985, 7, 3, 105-112
50. Mackie SW, Webb LA, Hutchison BM, Hammer HM, Barrie T, Walsh G. How much blame can be placed on laser photocoagulation for failure to attain driving standards? *Eye* 1995;9 (Pt 4):517-525
51. Johnson CA, Keltner JL. Incidence of visual field loss in 20.000 eyes and its relationship to driving performance. *Arch. Ophthalmol.*, 1983, 101, 371-375
52. Gilhotra JS, Mitchell P, Healey PR, Cumming RG, Currie J. Homonymous visual field defects and stroke in an older population. *Stroke* 2002;33:2417-2420.
53. Hu PS, Trumble DA, Foley DJ, Eberhard JW, Wallace RB. Crash risks of older drivers: a panel data analysis. *Accid Anal Prev* 1998;30:569-581.
54. Owsley C, McGwin G Jr. Vision impairment and driving. *Surv Ophthalmol*.1999;43(6):535-550

LA SENSIBILITÉ AU CONTRASTE

X. ZANLONGHI, S. MAJZOUB, C. ARNDT

III.1. Principe de l'examen

La vision d'un objet ou d'une image ne se limite pas à la mesure de l'acuité visuelle. En effet, cette dernière mesure la capacité de voir des petits objets à fort contraste. Or dans la vie quotidienne, notre environnement est constitué d'objets de toutes tailles et très souvent vus sous de faibles contrastes. 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. C'est la Fonction de Sensibilité au Contraste Spatiale (FSC spatiale) [2].

On présente au patient des réseaux, barres alternativement claires et sombres définies par leurs fréquences spatiales (en cycles par degré ou nombre de paires (blanche-noire) de raies par degré d'angle visuel) et par leur contraste. Il est possible de réaliser un examen de dépistage en ne mesurant qu'une seule fréquence spatiale, correspondant à des objets de taille intermédiaire, avec des planches cartonnées type Pelli Robson [3], ou Visio-contraste, soit en réalisant une mesure de l'acuité visuelle pour 2 voire 3 niveaux de contraste généralement 100 % (contraste maximum), 10 % (contraste moyen) et 2,5 % (contraste faible).

Le contraste de luminance est la différence entre le maximum de luminance des bandes claires (L_{\max} des bandes claires) et le minimum de luminance des bandes sombres (L_{\min} des bandes sombres), rapportée à la somme de ces deux luminances. Le contraste de modulation (M) ou contraste de Michelson utilisé pour les tests avec réseaux sinusoïdaux est défini par :

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

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

Il existe deux autres définitions :

La formule de Weber $(L_{\max} - L_{\min}) / L_{\max}$ utilisée en ergophtalmologie [4]

La formule simplifiée de la norme allemande DIN 58220-7 [5]. L_{\max} / L_{\min} ou L_{\max} est la luminance de l'environnement et L_{\min} la luminance de l'optotype sombre.

III.2. Notations

La notation en termes de fréquence spatiale est essentiellement utilisée dans l'étude des fonctions de sensibilité aux contrastes.

Des images de tests constituées de réseaux de luminance ont été conçues. Ces réseaux sont des barres alternativement claires et sombres définies par leur fréquence spatiale notée en cycles par degré (cpd) ou nombre de paires (blanche-noire) de raies par degré d'angle visuel et par leur contraste. La fréquence spatiale est le nombre de cycles vus sous un angle de 1 degré (Fig. 1).

Pour les réseaux sinusoïdaux (Fig. 2), la formule $a = 60/2f$ donne la correspondance entre la taille angulaire d'une barre (blanche ou noire) en minutes d'arc (a) et la fréquence spatiale (f).

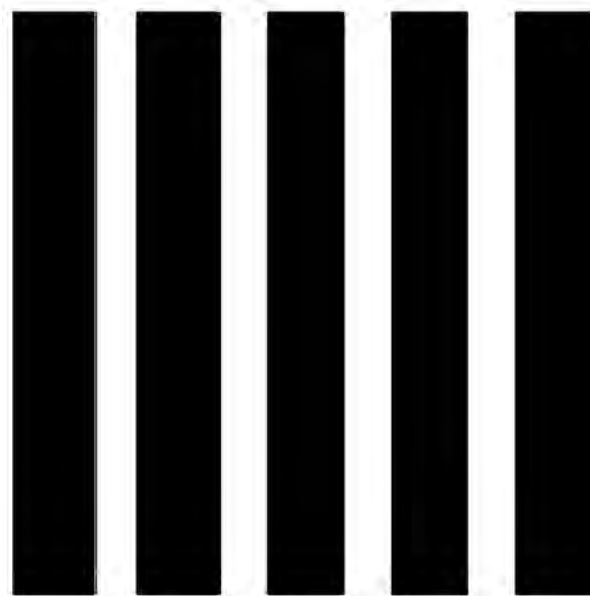


Figure 1 : Barres alternativement claires et sombres définies par leur fréquence spatiale notée en cycles par degré (cpd).

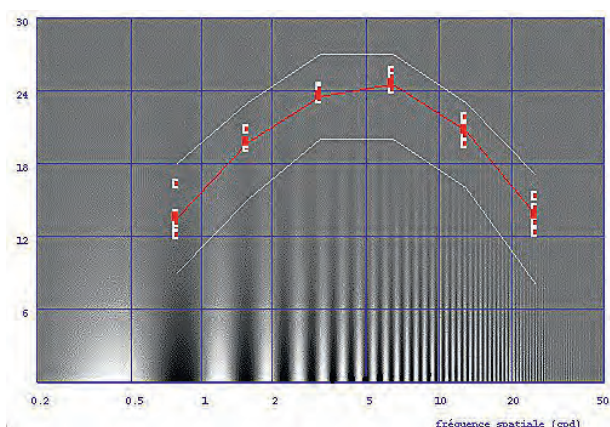


Figure 2 : Réseaux sinusoïdaux, les lignes blanches représentent les limites supérieure et inférieure (2 écarts type) d'une population normale.

III.3. Facteurs de variations de la fonction de sensibilité au contraste spatial

Nous retrouvons les mêmes facteurs que ceux qui font varier les mesures d'acuité visuelle. Il faut particulièrement faire attention à l'âge, car après 40 ans, la diminution de la sensibilité pour les hautes fréquences spatiales est importante et l'on constate qu'au-delà de 60 ans, le pic de sensibilité est décalé vers les basses fréquences, passant de 4 à 2 cycles par degré [6].

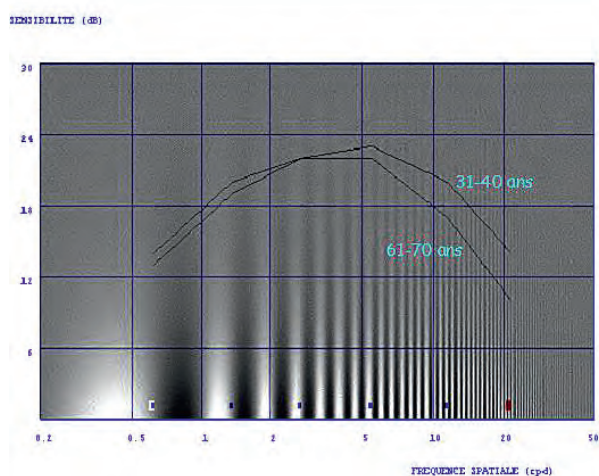


Figure 3 : Modification de la courbe de sensibilité au contraste en fonction de l'âge.

Les examens utilisant des réseaux sinusoïdaux de contraste sont plus complets que des tests ne présentant que des lettres à contraste variable, mais ils sont plus difficiles à expliquer aux patients et de

plus longue durée [7]. Cependant la sensibilité au contraste à un stimulus sinusoïdal est mieux corrélée à la visibilité d'objets complexes comme des mots, des visages, des panneaux de direction, des avions dans le ciel [8]. Le pic de sensibilité au contraste dans les fréquences spatiales moyennes (autour de 3 cpd), est la partie la plus intéressante de la courbe. En général une perte de 1,5 unité log (ou 15 dB) est significative du point de vue fonctionnel.

III.4. Les dispositifs de contraste disponibles

Il existe de très nombreux dispositifs de mesure de la sensibilité au contraste. Il n'existe qu'une seule norme allemande DIN 58220-7 donnant quelques précisions [5]. Ils doivent cependant respecter les règles suivantes :

Préciser la formule de contraste utilisée pour la présentation des résultats

Préciser la luminance d'ambiance : en condition de jour : 85cd/m²,

La luminance la plus faible du test (bande noire, optotype noir) en ambiance diurne doit être d'au minimum 0,032 cd/m²

En cas de réseaux sinusoïdaux, selon les appareils, il existe entre 3 et 18 niveaux de contraste, les fréquences spatiales maximale et minimale doivent être respectivement de 1,5 et 18 cycles/°

En cas de tests avec des lettres, la Pelli Robson propose 11 niveaux de contraste [3], mais certains appareils de dépistage en proposant moins, les niveaux de 100 %, 10 % et 2,5 % sont un minimum.

Dans le cadre de la chirurgie réfractive, dans des dossiers d'expertise, parfois pour adapter des postes de travail, il peut être utilisé de mesurer la sensibilité au contraste dans des conditions de faible luminance (mésopique ; 1 cd/m² voire 0,1 cd/m²) ou sous éblouissement (glare test). Ces mesures peuvent être utiles pour objectiver et expliquer une plainte fonctionnelle comme des fluctuations de l'acuité visuelle dans la journée avec des périodes d'assombrissement, une perte importante de la sensibilité au contraste en ambiance mésopique. Des appareils de type aberrométrie, polarimétrie, pupillométrie peuvent être utiles [9].

CHAPITRE III.1.3. LA SENSIBILITÉ AU CONTRASTE


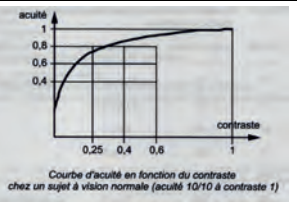



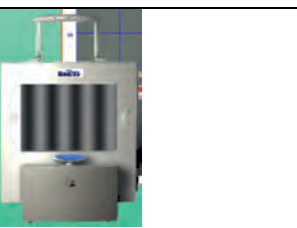
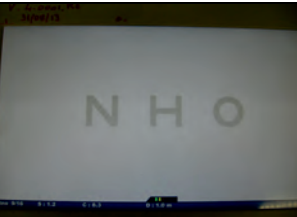
Planche de contraste	Type Pelli-Robson, Visio-Contraste 21	De très nombreux modèles sont disponibles parfois rétro éclairés (ici la visio-contraste 21)	
Appareils plutôt destinés au dépistage, médecins du travail, médecins agréés	ERGOVISION Essilor	Test présenté en vision intermédiaire. Constitué de 3 lignes d'acuité avec des lettres et des chiffres de 4 — 6 et B/10 d'acuité. Chaque ligne comporte 3 valeurs de contrastes : 0,6 — 0,4 — 0,25. Le fond éclairé à 250 cd/m ² formule contraste de Weber	 Courbe d'acuité en fonction du contraste chez un sujet à vision normale (acuité 10/10 à contraste 1)
	BINOPTOMETER Oculus	Test de contraste utilisant des anneaux de Landolt	
	STEREOOPTICAL FVA clepennec@stereo-optical.com	Réseaux sinusoïdaux sans et avec éblouissement avec établissement d'une courbe de sensibilité au contraste. Norme fournie	
	VISIOLITE FIM www.fim-medical.com	De loin : une taille de lettre avec 20 niveaux de contraste	
Appareils plutôt destinés aux ophtalmologistes, orthoptistes, médecins du travail, médecins agréés, sur-experts	MONPACKONE Moniteur Ophtalmologique www.metrovision.fr	Le plus polyvalent et complet : - échelle logarithmique type Landolt ETDRS à plusieurs contrastes avec et sans éblouissement - établissement d'une courbe de sensibilité au contraste à l'aide de réseaux sinusoïdaux avec et sans éblouissement. Norme fournie	
Appareils plutôt destinés aux ophtalmologistes, orthoptistes, opticiens en lien avec la réfraction	Afficheur type L40 www.luneau.fr	Tout type d'optotype, de distance, de contraste, voire inversion de contraste. Contient une version de Pelli-Robson et un test de contraste de Regan - pas de réseaux sinusoïdaux	

Tableau 1 : Quelques exemples des systèmes de mesure de la sensibilité au contraste disponibles en Europe.

III.5. Contraste et conduite

Certains patients-conducteurs sont gênés en conduite. Toutefois, on ne sait pas encore pour l'instant à quel niveau la diminution de cette sensibilité représente un risque inacceptable pour la conduite automobile. On peut associer la perte de sensibilité au contraste au vieillissement, à une cataracte, à un œdème cornéen ou à certaines maladies oculaires. Les personnes qui ont une perte de sensibilité au contraste doivent en être informées.

La directive européenne de 2009 [10], et l'arrêté du 31 août 2010 [11] font pour la première fois apparaître le terme de sensibilité au contraste.

Ce test doit être réalisé si l'acuité visuelle de loin ou le champ visuel ne respectent pas les normes (cf chap 2.1.1). Il est obligatoire pour obtenir une dérogation auprès de l'autorité compétente : le préfet, en pratique un médecin agréé auprès de la préfecture.

CLASSE II : ALTERATIONS VISUELLES groupe 1 — véhicules légers	
<p>2.1 Fonctions visuelles (testées s'il y a lieu avec correction optique)</p> <p>2.1.4 Vision crépusculaire, sensibilité à l'éblouissement, sensibilité aux contrastes</p>	<p>Pour les conducteurs du groupe 1 qui ne satisfont pas aux normes relatives au champ visuel ou à l'acuité visuelle, avis spécialisé avec mesure de la sensibilité à l'éblouissement, de la sensibilité aux contrastes et de sa vision crépusculaire.</p>

Tableau 2 : Extrait de l'arrêté du 31 août 2010 : sensibilité au contraste.

Pour le groupe lourd toute atteinte de la sensibilité au contraste entraîne une inaptitude.

Les textes réglementaires européen et français ne donnent aucune précision quand au protocole d'examen recommandé pour la mesure de la sensibilité au contraste.

Nous appliquerons les mêmes recommandations que pour les mesures d'acuité visuelle : la mesure

doit s'effectuer sans correction si le patient n'en porte pas, et avec la correction optique que le patient utilise habituellement pour la conduite ; lunettes ou lentilles cornéennes.

On utilise des tests de contraste en vision de loin. Le plus connu est l'échelle de sensibilité au contraste des lettres de Pelli-Robson. On trouve également le test de sensibilité au contraste de VisTech. Mais tous les tests d'acuité sur afficheur comportent des tests de contraste. La première difficulté de tous ces tests est l'absence de norme en fonction de l'âge. La seconde difficulté concerne la finalité de ce test : en effet il doit réaliser si l'acuité visuelle ou si le champ visuel est en dehors des normes. Hors toutes les pathologies qui vont donner une perte d'acuité ou une perte de champ visuel donne une perte de la sensibilité au contraste. On aura obligatoirement un résultat de contraste anormal.

Les relations entre une performance de conduite et une atteinte de la sensibilité au contraste sont contradictoires [12].

La baisse de la sensibilité au contraste peut prédire la diminution de la capacité à identifier les panneaux autoroutiers [13]. Pour Buyck et al. [14], la corrélation de la performance de conduite avec la sensibilité au contraste est meilleure qu'avec l'acuité visuelle.

Cependant, la réduction de contraste liée au brouillard n'affecte pas la perception du conducteur de sa propre vitesse ni des estimations de la distance minimale pour s'arrêter [15]. Dans une étude prospective portant sur 1801 conducteurs de plus de 65 ans [16], 120 conducteurs ont eu un accident sur un suivi de 8 ans. Les meilleurs tests prédictifs d'accident sont le champ visuel binoculaire, le champ visuel attentionnel, le test d'éblouissement, les moins bons sont les tests de sensibilité au contraste de type Pelli-Robson, de vision stéréoscopique, les mesures d'acuité visuelle en fort et faible contraste.

III.6. Contraste et métier

En dehors de la conduite, la mesure de la sensibilité au contraste peut être utile dans l'aviation, le militaire [17] et le travail de bureau (cf chap 2.3.1.2 et 2.3.4.2) [18, 19].

REFERENCES

1. **Belin E.** Utilisation de nouvelles techniques d'imagerie pour la vision en milieux diffusants. *Thèse Doctorat n° 948, Université d'Angers, 2008, 177 pages*
2. **Nadler MP, Miller D, Nadler DJ.** Glare and contrast sensitivity for clinicians. *New York : Springer Verlag Edit., 1990, 150pp*
3. **Pelli DG, Robson JG, Wilkins AJ.** The design of a new letter chart for measuring contrast sensitivity. *Clin. Vis. Sci., 1988, 3, 187-199*
4. **Damelincourt JJ, Zissis G, Corbé C, Paule B.** Eclairage d'intérieur et ambiances visuelles. *Ed. Tec & Doc, Lavoisier, Optique et vision, nov. 2010, 276 pages*
5. **DIN 58220-7** Visual acuity testing — Part 7 : Mesopic contrast vision, without and with glare, for road traffic related vision testing. *Text in German and English. Éditeur : DIN, Langue : de ; en ; Date de publication : 2013-09-01*
6. **Zanlonghi X, Charlier J, Chevalier N.** Sensibilité au contraste spatiale et âge. *Bull. Soc. Ophtal. France, 1992, 10, 921-929*
7. **Bonnet C.** Manuel pratique de psychophysique. *Ed Armand Colin, Paris, 1986, 254pp*
8. **Ginsburg AP.** Contrast sensitivity and functional vision. In *Packer M, Fine IH, Hoffman RS, eds. Functional vision. Inter. Ophthalmology Clinics. Philadelphia : Lipincott Williams and Wilkins, V43, 2003 : 5-15*
9. **Assouline M.** Qualité de vision après compensation chirurgicale de la presbytie. *Rapport de la SFO, Presbytie, Ed Masson, Paris, avril 2012, 60 pages*
10. Directive 2009/112/CE de la Commission du 25 août 2009 modifiant la directive 91/439/CEE du Conseil relative au permis de conduire, et directive 2009/113/CE de la Commission du 25 août 2009 modifiant la directive 2006/126/CE du Parlement européen et du Conseil relative au permis de conduire.
11. Arrêté du 31 août 2010 modifiant l'arrêté du 21 décembre 2005
12. New standards for the visual functions of drivers. Report of the Eyesight Working Group. Brussels, May 2005, 35pp
13. **Evans D, Ginsburg A.** Contrast sensitivity predicts age related differences in highway sign discriminability. *Human Factors, 1985, 25, 637-642*
14. **Buyck A, Missotten L, Maes MJ, Van de Voorde H.** Assessment of the driving behaviour of visually handicapped persons. In : *A. G. Gale (Ed.). Vision in Vehicles II, North Holland : Elsevier Science, 1988, 131-142*
15. **Owens DA, Wood J, Carberry T.** Effects of reduced contrast on the perception and control of speed when driving. *Perception. 2010 ; 39 (9) : 1199-215*
16. **Rubin GS, Ng ESW, Bandeen-Roche K, Keyl PM, Freeman EE, West SK, and the SEE Project Team.** A Prospective, Population-Based Study of the Role of Visual Impairment in Motor Vehicle Crashes among Older Drivers : The SEE Study. *Invest Ophthalmol Vis. Sci, 2007 ; 48 : 1483 – 1491*
17. **Ginsburg A, Evans D, Sekuler K, Harp S.** Contrast sensitivity predicts pilots performance in aircraft simulators. *Ophtal. Physiol. Opt., 1982, 59, 105-109*
18. **Verriest G, Hermans G.** Les aptitudes visuelles professionnelles. *Rapport Société Belge Ophtalmologie, Edition Bruxelles Imprimerie Médicale et Scientifique (S.A.), 67 rue de Lorient, 1975, 552p*
19. <http://www.atousante.com/risques-professionnels/risques-physiques/eclairage-lieux-travail/ambiance-lumineuse-poste/>

L'ÉBLOUISSEMENT

X. ZANLONGHI, S. MAJZOUB, C. ARNDT

1.4.1. Principes

L'éblouissement est caractérisé par l'entrée dans le champ visuel d'une source lumineuse importante [1]. L'observateur éprouve soit une gêne visuelle (éblouissement inconfortable) que l'on peut évaluer par l'échelle de De Boer, qui comprend des niveaux allant de 1 pour insupportable à 9 pour négligeable [2], soit une réduction de l'aptitude à distinguer des objets (éblouissement perturbateur) qui est un phénomène objectif généré par la diffusion de la lumière dans les yeux, qui se traduit par une diminution de la sensibilité au contraste [3], soit les deux simultanément. Une source donnée peut être éblouissante ou non suivant que la rétine est adaptée à un niveau lumineux faible ou élevé [4] (**Fig. 1**).

L'éblouissement est un phénomène relatif à l'adaptation rétinienne mais lié aussi à la personnalité du patient. Il y a également une composante optique liée à la diffusion dans les milieux transparents.

On distingue différents stades d'éblouissement qui font habituellement référence à l'intensité lumineuse de la source [5] :

- le stade d'inconfort,
- le stade d'incapacité, apparition de post-images colorées, scotome central important et baisse d'acuité visuelle à 0,2 — 0,1,
- la perception des couleurs et du contraste disparaissent momentanément,
- le stade des lésions rétinienne.

Différentes sources lumineuses peuvent donner un éblouissement : celles-ci peuvent être ponctuelles et ne concernent donc qu'une partie de la rétine (**Fig. 2**) ou plus globales, voir totales, et toucher ainsi l'ensemble du champ visuel (**Fig. 3**).

Les facteurs identifiés pour l'éblouissement sont, selon Williams [6] :

- l'éclat,
- la taille,
- la position de la source d'éblouissement périphérique ou diffuse par rapport au droit devant,
- le contraste,
- le temps d'exposition de la source,

- le degré d'adaptation à la lumière ou à l'obscurité de la rétine,
- le diamètre pupillaire,
- le papillotement qui peut n'être perçu que dans des situations de mouvement ou dans des espaces confinés avec des variations périodiques de contraste, et des effets stroboscopiques.

Ces facteurs expliquent les nombreux protocoles et combinaisons disponibles. Il n'y a actuellement aucun standard accepté, aussi bien en termes de source lumineuse que de fond lumineux, ces tests ont montré une sensibilité et spécificité médiocres [7, 8].

1.4.2. On distingue trois types de protocoles [5] :

- Présentation sur écran de différent type de situation de la vie quotidienne avec différents types de simulation d'éblouissement, le patient choisit la situation se rapprochant le plus de sa gêne visuelle [9]
- Sensibilité à l'éblouissement (SE) : la lumière plus ou moins intense est maintenue pendant toute la durée de l'étude,
- Récupération après éblouissement (RE) : l'éblouissement a lieu en début d'étude, on teste la vitesse de récupération du sujet.

L'intérêt de l'étude de l'éblouissement d'un patient est quadruple :

- un intérêt clinique, certaines pathologies se révélant par une sensibilité à la lumière comme les cataractes sous capsulaires postérieures,
- un intérêt en aptitude professionnelle comme la conduite de nuit, ou certains métiers de sécurité (pilote d'avions,...)
- un intérêt en expertise pour déterminer un dommage par exemple après chirurgie réfractive
- un intérêt en ergonomie, pour l'aménagement de poste de travail tout particulièrement chez des patients déficients visuels.

Le tableau 1 qui suit regroupe différents appareils étudiant la sensibilité à l'éblouissement (SE) et ou la récupération après éblouissement (RE).

CHAPITRE III.1.4. L'ÉBLOUISSEMENT



Patient jeune normal : petit halo de diffusion.



Patient âgé normal : petit halo de diffusion.



Patient pathologique : très large halo de diffusion.



Scène normale.



Patient jeune normal : petit halo de diffusion.



Scène normale.











Simulation d'un éblouissement diffus.

1a	1b	1c
2a	2b	
3a	3b	

Figure 1 : Eblouissement dû à une source lumineuse ponctuelle sur une rétine adaptée à l'obscurité.
Figure 2 : Eblouissement dû à une source lumineuse ponctuelle avec une rétine adaptée à la vision diurne.
Figure 3 : Eblouissement dû à une source lumineuse diffuse avec une rétine adaptée à la vision diurne.

CHAPITRE III.1.4. L'ÉBLOUISSEMENT

Nom	Réalisation	
Test de Bailliar (10)	RE : Simple, utilise la lumière d'un ophtalmoscope. Etudie le temps de récupération de l'AV centrale après 30s d'éblouissement. En l'absence de trouble de la fonction maculaire, l'acuité visuelle initiale est revenue à son chiffre moins de 1 minute après la fin de l'éblouissement. Ne juge que la fonction maculaire.	
Ergovision www.essilor.fr	RE : Etudie le temps de récupération de l'AV centrale après éblouissement. S'inspire de la méthode de Bailliar	 Fig. 4
Visiolite www.fim-medical.com	RE : Etudie le temps de récupération de l'AV centrale après éblouissement. S'inspire de la méthode de Bailliar SE : Eblouissement ponctuel tout en mesurant l'acuité visuelle ou un test de contraste	 Fig. 5
BAM http://amaoptics.com/F-BAM.htm	RE : Etudie le temps de récupération de l'AV centrale après éblouissement. S'inspire de la méthode de Bailliar SE : Eblouissement diffus tout en mesurant l'acuité visuelle ou un test de contraste.	 Fig. 6
Brightness acuity tester (BAT) http://www.agingeye.net/cataract/BATMAN_UAL.PDF http://www.marco.com/bat.html	SE : Eblouissement diffus tout en mesurant l'acuité visuelle ou un test de contraste. 3 niveaux de luminance possibles.	 Fig 7a  Fig. 7b
Nyctomètre enregistreur de Comberg	RE : Résistance à l'éblouissement : consiste à mesurer pendant 2 mn l'évolution du temps de récupération après un éblouissement maculaire de 3 mn (à 544 cd/m ²). La mesure se fait en monoculaire, sur des optotypes de faible luminance (0.16 cd/m ²), couvrant des acuités de 0.1 à 1 (10/10). SE : Sensibilité à l'éblouissement : consiste à mesurer l'acuité visuelle au loin, lors d'un éblouissement latéral fixe venant du côté gauche. Ce dernier se décompose en trois luminances différentes (0.16 cd/m ² , 1,28 cd/m ² et 10,28 cd/m ²), présentées chacune 27 sec de manière successive.	Appareil qui n'est plus disponible depuis de très nombreuses années, mais encore utilisé dans certains laboratoires et CPEMPN. Il y a des normes en fonction de l'âge
CSV 1000 HGT de VectorVision www.vectorvision.com/html/testsGlare.html	SE : Eblouissement ponctuel par deux sources lumineuses tout en mesurant l'acuité visuelle ou un test de contraste	 Fig. 8
ETDRS avec éblouissement http://distrimedical.fr	SE : Eblouissement ponctuel par deux sources lumineuses tout en mesurant l'acuité visuelle	 Fig. 9
Glare Test de metrovision www.metrovision.com	SE : Eblouissement ponctuel par une source lumineuse reproduisant un phare de voiture. Test spécialement conçu pour mesurer un halo de diffusion avec des optotypes présentés à 3 niveaux de luminance. Il permet de tenir compte de la distance angulaire entre la source d'éblouissement et l'objet à identifier.	 Fig. 10

Il faut noter l'existence de deux appareils qui tentent de mesurer la lumière parasite (straylight), l'un objectif le « Optical Quality Analysis System II (OQAS) » qui est un aberromètre spécialisé, l'autre nécessitant la participation du patient le C-Quant Oculus. Dans une démarche diagnostique face à une gêne de type éblouissement, ces deux appareils sont intéressants pour détecter une atteinte du segment antérieur [11](Fig. 11, 12).

1.4.3. Conduite d'examen du test de sensibilité à l'éblouissement

Nous prendrons comme exemple le « glare test » de Metrovision (www.metrovision.fr) très orienté vers la mesure de la gêne fonctionnelle en situation de conduite de nuit (phare de voiture venant de la gauche en Europe sauf en Angleterre où les voitures conduisent à gauche).

L'ambiance lumineuse de la pièce d'examen et du fond d'écran du test est scotopique (obscurité). Une source lumineuse ponctuelle est présentée sur la gauche avec une forte luminance (Fig. 13). Le patient lit les lettres les plus à droite et progressivement de proche en proche vers la gauche. A un moment donné, il n'arrivera plus à distinguer les lettres qui sont noyées dans un halo de diffusion. On présente des lettres dont la luminance est faible de 1cd/m² et qui paraissent faiblement contrastées, on note toutes les lettres vues, puis on demande au patient de regarder vers la droite, on attend 20 secondes et on lui présente des lettres dont la luminance est de 5cd/m² et qui paraissent un peu plus contrastées, on note toutes les lettres vues, puis de nouveau on demande au patient de regarder vers la droite, on attend 20 secondes et on lui présente dont la luminance est de 100cd/m² avec un contraste de 100 %, on note toutes les lettres vues. Le patient doit porter sa correction optique habituelle, même si ce sont des verres teintés.

1.4.3.1. Intérêts

Ce test peut être réalisé en binoculaire ou en monoculaire.

Il permet d'étudier les phénomènes de diffusion créés par une lumière de forte intensité. Il est très utile pour l'étude de la gêne lors de la conduite nocturne, et pour toutes les pathologies donnant un

Population de 20-30ans	1cd/m ² 60 %	5cd/m ² 95 %	100cd/m ² 100 %
Population de 40-50ans	1cd/m ² 63.3 %	5cd/m ² 90 %	100cd/m ² 100 %

temps d'adaptation à la lumière augmenté depuis la classique rétinopathie pigmentaire jusqu'au glaucome grave.

Ce test propose des normes en fonction de l'âge résumé dans le tableau 2.

Au-delà de 50 ans, l'écart type est de plus en plus important rendant difficile l'établissement de norme.

Ce test permet également à partir d'image de la vie quotidienne de simuler la gêne fonctionnelle liée à un éblouissement du à une source de lumière ponctuelle type phare de voiture (Fig. 14).

1.4.3.2. Limites : liées au patient (coopération, attention, âge), à la technique

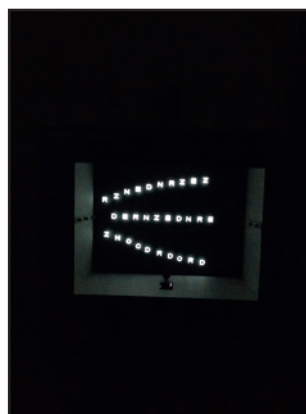
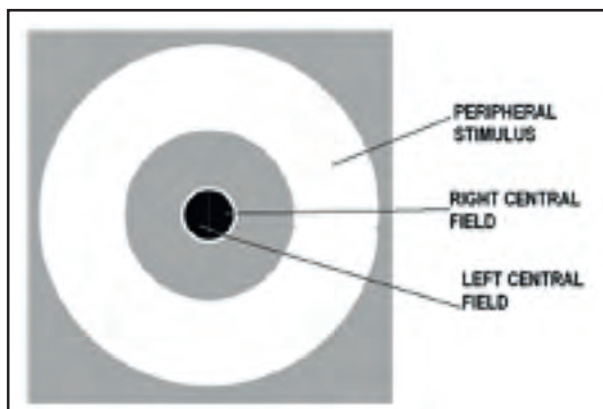
C'est une méthode psychophysique, où le patient répond.

La taille des lettres ne permet pas d'étudier une déficience visuelle importante, en pratique ce test n'est pas utilisable en dessous de 0.3 d'acuité visuelle.

1.4.4. Lecture et interprétation des examens

Chaque lettre vue donne 3,3 %. L'exemple en figure 14 donne les résultats du test d'éblouissement spécialement conçu pour la conduite (colonne de gauche), puis la simulation de l'éblouissement (colonne de droite), d'une scène de conduite (Fig. 15) chez un patient atteint de MLA atrophique associée à une cataracte ayant une acuité visuelle binoculaire de 0.5.

CHAPITRE III.1.4. L'ÉBLOUISSEMENT



11	12a
12b	12c
13a	13b

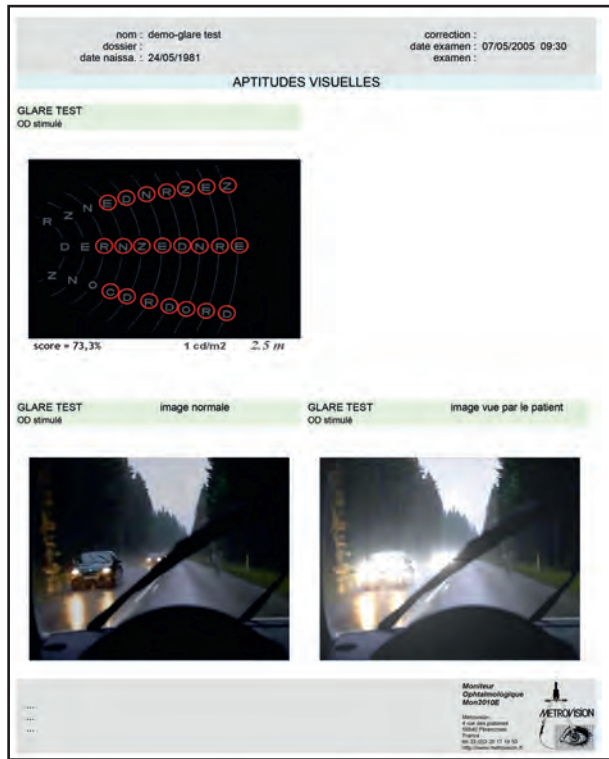
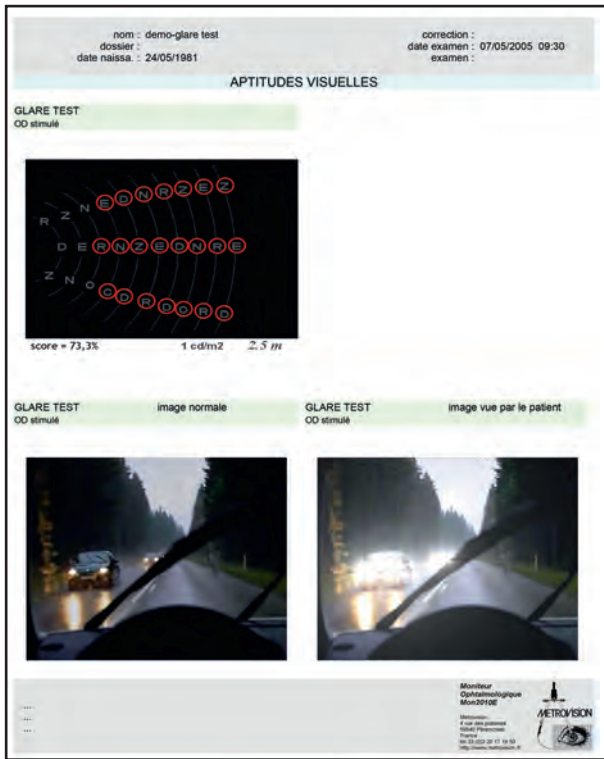
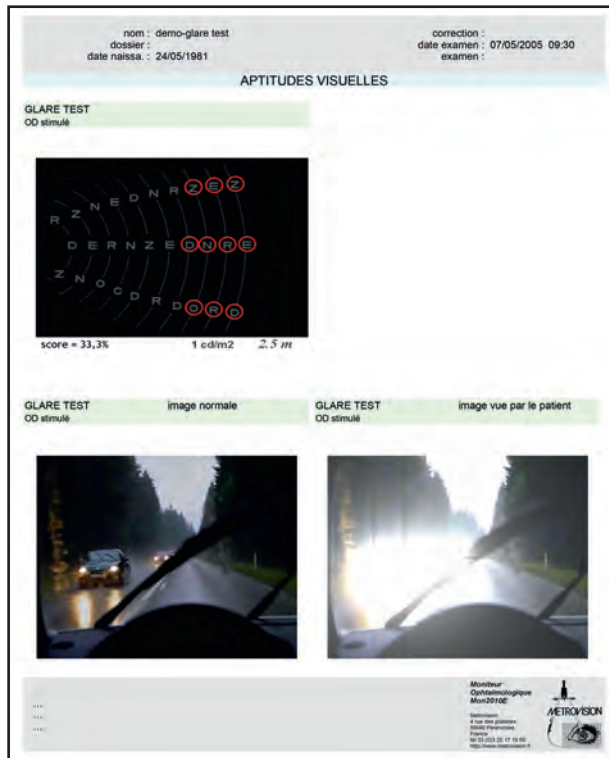
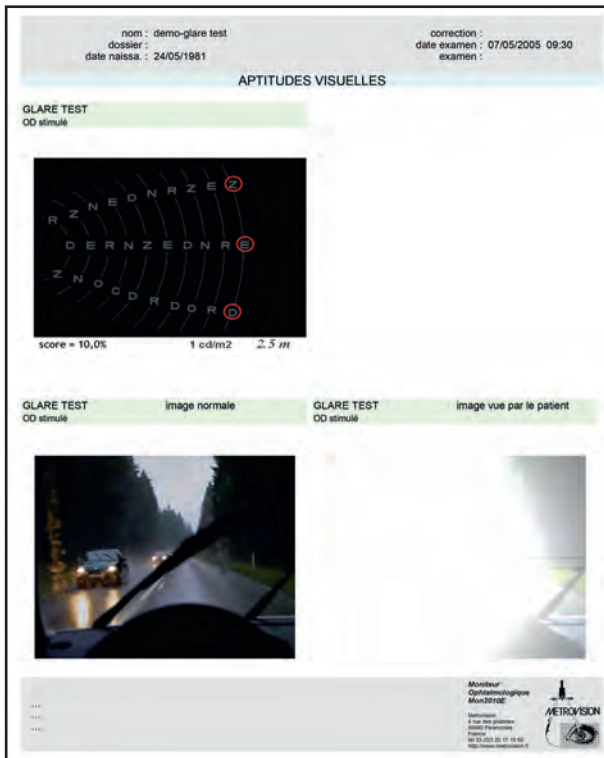
Figure 11 : Optical Quality Analysis System II (OQAS)

Figure 12 : C-Quant est l'abréviation de « Cataract-Quantifier »

Figure 13a : Présentation et explication du test.

Figure 13b : Puis on allume la source lumineuse.

CHAPITRE III.1.4. L'ÉBLOUISSEMENT



14a	14b
14c	15

Fig 14a : Patient atteint de MLA atrophique + cataracte avec une acuité visuelle photopique de 0.5 : score d'éblouissement avec test à 1cd/m2 = 10 %.
Fig 14b : Même patient : score d'éblouissement avec test à 5cd/m2 = 33,3 %.
Fig 14c : Même patient : score d'éblouissement avec test à 100cd/m2 = 73,3 %.
Fig 15 : Scène de conduite vue par un sujet normal.

1.4.5. Conduite d'examen du test de résistance à l'éblouissement type « Baillart »

Nous prendrons comme exemple le test de résistance à l'éblouissement de l'Ergovision, appareil largement utilisé par les médecins du travail (Fig. 16) (www.essilor.fr).

Ce test d'éblouissement permet de mesurer le temps entre les deux adaptations suivantes :

- éblouissement central par une source lumineuse relativement ponctuelle pendant 10 secondes.
- présentation d'un petit disque blanc faiblement éclairé (1cd/m² pendant 5 secondes, puis 2 cd/m²).
- le patient doit compter le nombre de points noirs figurant sur le disque. Deux possibilités (test1 et test 2) sont possibles afin d'éviter la mémorisation du test.
- on note le temps mis par le sujet pour donner une bonne réponse, il faut un chronomètre.
- au début, le sujet est ébloui par un scotome positif qui l'empêche de distinguer le disque blanc.
- puis le scotome positif diminue, il commence par distinguer le disque blanc sans pouvoir compter tous les points noirs. On note alors le temps entre le début de l'éblouissement et le moment où le patient donne le bon nombre de points noirs présentés.
- l'appareil est plutôt conçu pour un test monoculaire. Il faut tester le meilleur des deux yeux sans correction, pupille naturelle (non dilatée).

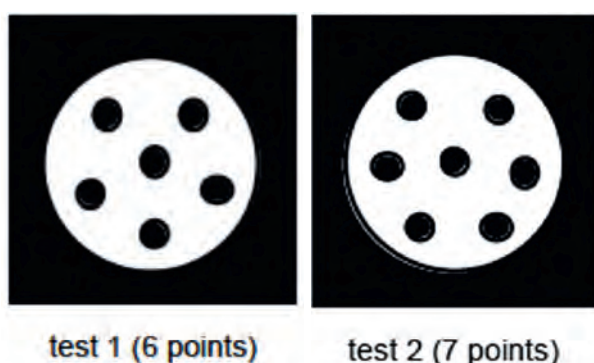


Figure 16 : Test d'éblouissement de type Baillart de l'Ergovision d'Essilor.

Le test original de Baillart, ophtalmologiste, ou « Test de résistance à l'éblouissement » ou encore « Macular Stress Test » consistait à projeter le faisceau d'un ophtalmoscope dont l'intensité est réglée au maximum sur la macula pendant 30 secondes,

permettant un contrôle direct de la fixation par l'ophtalmologiste. On mesure alors le temps nécessaire pour retrouver l'acuité visuelle de départ.

1.4.5.1. Intérêts

Après avoir éliminé toutes les causes réfractives, de surface oculaire, de segment antérieur, le temps de récupération après éblouissement par une source ponctuelle est un test de vision centrale testant la macula pour la rétine, et le faisceau des fibres ganglionnaires interpapillomaculaires pour le nerf optique.

1.4.5.2. Lecture et interprétation des examens

Certains patients ne fixent pas correctement la source centrale d'éblouissement.

La lecture du nuage de points noirs correspond à une acuité de 5/10. Il n'est donc pas adapté aux patients déficients visuels.

Ce test donnant une post-image pendant plusieurs minutes, il doit impérativement être réalisé en tout dernier.

Lecture et interprétation des examens

Les résultats du test sont à interpréter en fonction de l'âge.

Le temps de récupération est dans la zone bleue : Le patient est normal (bonne vision nocturne, patient jeune,...)

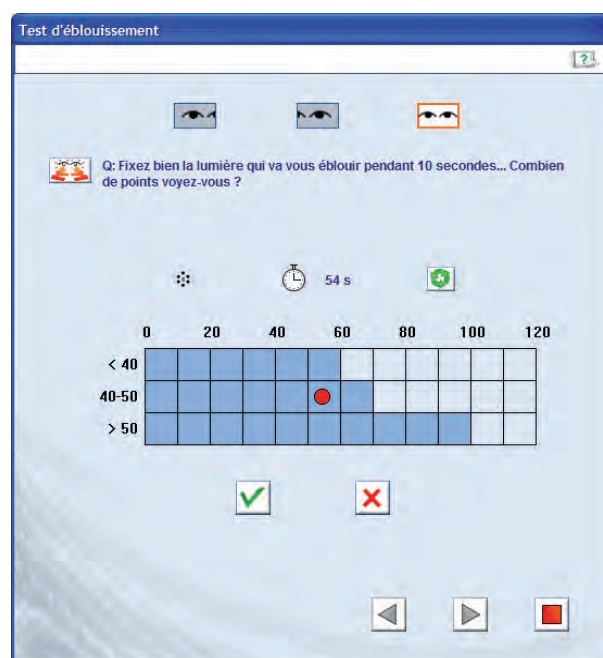


Figure 17 : Temps de récupération chez un patient normal.

- Attention aux consignes mal suivies (mauvaise fixation du point lumineux, mémorisation du test). Éviter de refaire le test.

Le temps de récupération est à l'extérieur de la zone blanche :

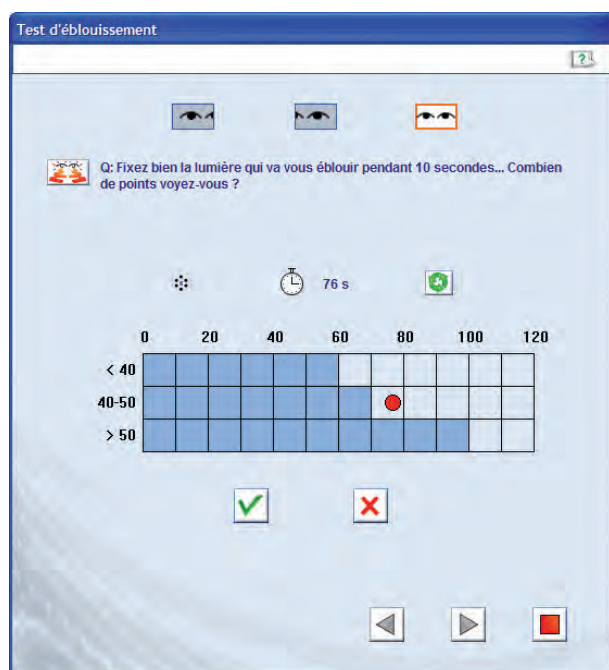


Figure 18 : Temps de récupération anormal.

- Il existe très vraisemblablement une pathologie visuelle ou neurovisuelle (cf chapitre 3.10)

REFERENCES

1. Mainster MA, Turner PL. Glare's causes, consequences, and clinical challenges after a century of ophthalmic study. *Am J Ophthalmol.* 2012 Apr ; 153 (4) : 587-593.
2. Vos JJ. On the cause of disability glare and its dependence on glare angle, age and ocular pigmentation. *Clinical and Experimental Optometry*, 2003, 86 (6), 363-370.
3. CIE Equations for Disability Glare. *Commission Internationale Eclairage*, Vienne, 2002, publication No 14
4. Jayle GE. La vision nocturne et ses troubles. *Rapport de la Société Française d'Ophtalmologie*, 1950, Masson Editeur, Paris, France, 863 pp
5. Maurin JF, Maille M. in RISSE J.F., Exploration de la fonction visuelle : application au domaine sensoriel de l'œil normal et en pathologie, 1999, Masson Editeur, Paris, France, p.253-264
6. Williams DR. in COLE R. G., Functional Adaptive Devices, Remediation and management of low vision, Mosby's optometric problem-solving series, 2001, Mosby-Year Book Editeur, St Louis, Etats-Unis, p.71-121
7. Elliot DB, Bullimore MA. Assessing the reliability, discriminative ability and validity of disability glare tests. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 1993;34:108-119
8. Koch DD, Liu JF. Survey of the clinical use of glare and contrast sensitivity testing. *J Cataract Refract Surg*, 1990;16:707-711.
9. Safran AB. Le déficit visuel, De la neurophysiologie à la pratique de la réadaptation, 1995, Masson Editeur, Paris, France, 233pp
10. Bailliart JP. L'examen fonctionnel de la macula. *Bull Soc Oph Fr*, rapport annuel 1955, 1-2, 71-81
11. Vignal R, Tanzer D, Brunstetter T, Schallhorn S. Lumière diffractée et sensibilité à l'éblouissement après PKR et LASIK guidés par front d'onde *J Fr. Ophtalmol.*, 2008; 31, 5, 489-493

LA VISION CRÉPUSCULAIRE

X. ZANLONGHI, S. MAJZOUB, C. ARNDT

V.1. Définition

Le terme « crépuscule » est plutôt d'usage littéraire.

Le Larousse :

lueur atmosphérique, due à la diffusion de la lumière solaire, lorsque le Soleil vient de se coucher (crépuscule du soir) ou va se lever (crépuscule du matin).

tombée de la nuit

Le Littré : nom donné à la lumière qui reste après le coucher du soleil.

Par contre dans la littérature médicale et scientifique, « crépuscule » n'est pas cité dans le dictionnaire des sciences de la vision [1], mais l'est dans le dictionnaire de l'Académie de Médecine qui donne la définition suivante :

« vision mésopique l.f.

mesopic vision

Vision assurée conjointement par les bâtonnets et les cônes dans la gamme d'illumination comprise entre 10^{-2} et 10 cd. m^{-2} .

La lune donne une luminance de $10^{-1} \text{ cd. m}^{-2}$. Elle est vue sous un angle de $0,5^\circ$ degré.

Syn. vision crépusculaire »

Suivant le niveau énergétique du rayonnement lumineux, on distingue trois domaines de la vision :

- photopiques : au-dessus de 10 cd/m^2
- mésopiques : de 10^{-4} (et non 10^{-2} comme noté ci dessus) à 10 cd/m^2

mésopique haut (entre 0.1 et 10 cd/m^2)

mésopique bas (entre 10^{-4} et 0.1 cd/m^2)

- scotopiques : en dessous de 10^{-4} cd/m^2

Ces trois domaines correspondent aux seuils de sensibilité et de saturation des photorécepteurs de la rétine : 10^{-4} cd/m^2 est la luminance à partir de laquelle les cônes répondent, 10 cd/m^2 étant le seuil de saturation des bâtonnets. Ainsi, en mécanisme scotopique seuls les bâtonnets sont mis en jeu ; en mécanisme photopique, cônes et bâtonnets interviennent.

Plusieurs fonctions visuelles peuvent être étudiées en fonction de l'état d'adaptation à un niveau de luminance : l'acuité visuelle, l'adaptation à l'obscurité, le champ visuel, la vision colorée, la vision stéréoscopique [2].

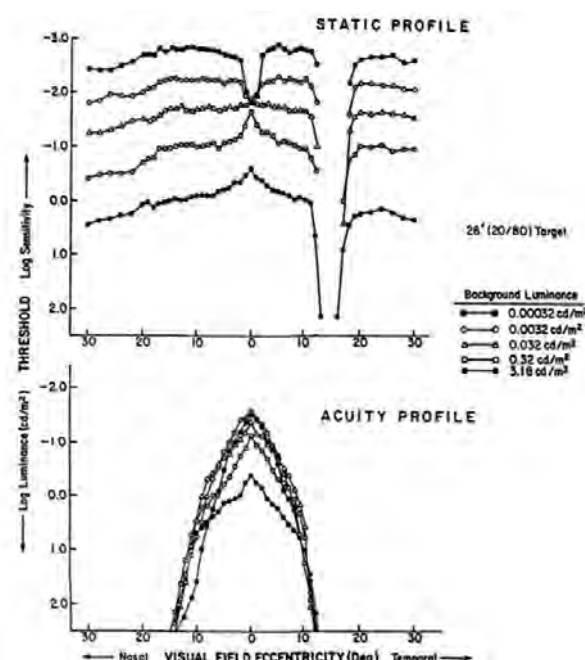


Figure 1 : Profils de sensibilité en fonction de l'excentricité par rapport au centre de la rétine et pour différents niveaux d'ambiance lumineuse :

- courbes du haut : perception des lumières
- courbes du bas : perception des formes [3].

En vision scotopique, la rétine est sensible aux luminances comprises entre 10^{-4} et 10^{-6} cd/m^2 , cette dernière valeur correspondant au seuil lumineux brut que l'on définit comme la plus petite luminance que l'œil humain est capable de détecter. Avec aussi peu de lumière, il existe une véritable faillite de toutes les fonctions visuelles :

l'acuité visuelle centrale est inférieure à $0,05$ ($1/20$), ce d'autant qu'il existe une défocalisation par la myopie nocturne, associée à une mydriase avec augmentation des aberrations optiques il existe un scotome central d'environ 3° associé à un rétrécissement concentrique des isoptères périphérique en champ visuel (**Fig. 1**)

la sensibilité chromatique est très altérée et les couleurs ont perdu leur tonalité dans l'obscurité. Il existe un déplacement du maximum de sensibilité lumineuse du jaune-vert au bleu-vert (effet Purkinje)

la vision binoculaire et tout particulièrement la perception du relief et de la profondeur ont perdu toute réalité.

la vision scotopique n'atteint son efficacité optimale qu'après un temps d'adaptation minimum de 20 minutes.

En vision mésopique, toutes les fonctions visuelles s'améliorent par rapport à la vision scotopique :

l'acuité mésopique, on retiendra que trois phénomènes jouent un rôle important (**Fig. 2**) :

l'adaptation à l'obscurité : à propos de l'acuité en mésopique, il faut considérer le temps d'adaptation à l'obscurité, car ce phénomène n'est pas instantané.

la luminance du fond : à contraste positif, l'acuité diminue quand la luminance de fond diminue aussi, passant d'une acuité de 1,5 (15/10) à 10 cd/m² (limite mésopique-photopique) à moins de 0,5 (5/10) à 0,1 cd/m².

la myopie nocturne [4] : Elle peut aller jusqu'à 1 dioptrie voire plus chez les sujets jeunes et est difficile à mesurer lors d'une réfraction classique. Quelques abérromètres peuvent en donner une valeur approchée. Lorsque le conducteur regarde les objets situés dans le faisceau de ses phares, il utilise sa vision diurne, il est donc sans myopie,

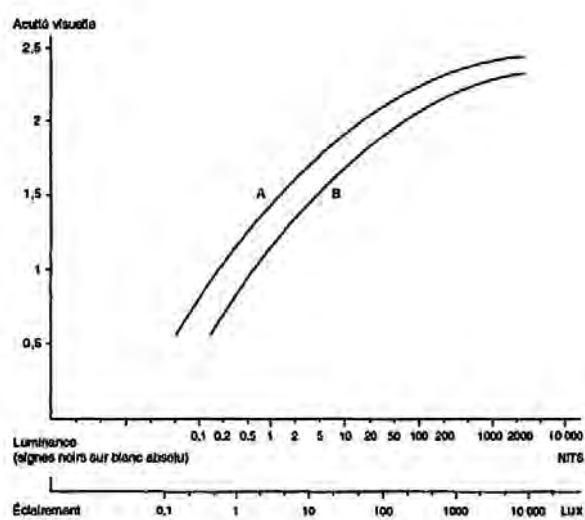


Figure 2 : Relation entre l'acuité visuelle (en décimal) et la luminance en nit et lux [5]. NB 1 nit = 1 cd/m²

mais pour les objets situés à la limite où en dehors du faisceau lumineux des phares, il devient myope. Le pic fovéolaire en champ visuel central apparaît. Le sens des contrastes encore imparfait apparaît. La reconnaissance des couleurs s'améliore mais la sensibilité différentielle entre deux tonalités voi-

sines est encore trop altérée pour rendre perceptible les nuances.

la vision stéréoscopique devient plus précise pour trouver une altération significative des fonctions visuelles, il faut descendre en dessous de 0,1 cd/m². En vision photopique, les fonctions visuelles ont leur pleine efficacité avec une adaptation presque immédiate (cf chap 3.1.1).

V.2. Comment mesurer la vision crépusculaire : les appareils

Nous n'aborderons que l'acuité visuelle mésopique. Nous retrouverons des tests très simples comme celui utilisé en Belgique, des appareils multifonctions de type Monpack de Métrovision, des appareils de dépistage intégrant un test mésopique, des afficheurs, et un appareil dédié comme le Mesotest d'Oculus.

L'étude de la vision mésopique pose le problème des normes.

Certaines semblent trop sévères :

- pour le mesotest, la DOG (société d'ophtalmologie allemande) recommande un ratio 1 :5. Deux auteurs ont trouvé des résultats très proches sur une série de conducteurs de plus de 60 ans : environ 40 % des conducteurs n'atteignent pas le score et sont inaptes à la conduite de nuit [7, 8].

Au contraire certaines sont trop faciles :

- pour le test belge, le conducteur n'est pas adapté en condition scotopique mais en mésopique. Le test correspondant à une acuité de 0,2 (2/10) éclairé à 1 lux semble être vu par tous les conducteurs [9]. Du coup, le test à l'adaptomètre de Goldmann-Weekers pour les cas douteux n'est jamais réalisé.

V.3. La conduite en ambiance mésopique : une accidentologie particulière

Il est essentiel, pour la sécurité de tous les usagers de la route, de voir et d'être vu. Plusieurs études font état d'une accidentologie particulière liée à une ambiance mésopique, soit en conduite de nuit, soit en conduite de jour avec brouillard [10].

Des études détaillées réalisées en Australie, en Allemagne et au Japon montrent que les erreurs visuelles jouent un rôle très important dans la cause des collisions [11]. Dans les pays motorisés, une mauvaise visibilité joue un rôle essentiel dans deux types de collisions :

CHAPITRE III.1.5. LA VISION CRÉPUSCULAIRE



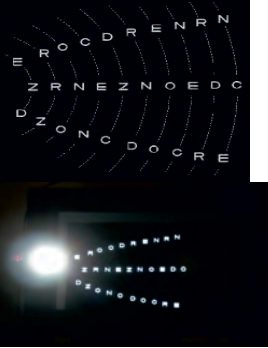

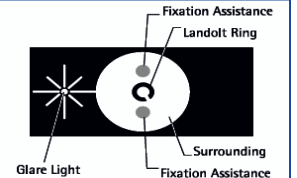
Planche d'acuité mesopique	Réglementaire en Belgique	Pour être apte, le candidat doit présenter, après 5'd'adaptation à l'obscurité, une acuité visuelle de 2/10 en binoculaire, éventuellement avec une correction optique. (Arrêté Royal du 19/9/2010 cf chap 2.2)	Echelle d'optotypes, lettres noires sur fond blanc, éclairée à un Lux et placée à cinq mètres du candidat. En cas de doute, il sera procédé à un examen plus approfondi à l'aide d'un adaptomètre. L'écart maximal toléré est d'une unité log.
Appareils plutôt destinés au dépistage, médecins agréés	ERGOVISION Essilor	- test présenté en vision intermédiaire. planche d'acuité présentée en ambiance photopique (250cd/m ²) et en ambiance mésopique (2 cd/m ²). La perte en ligne d'acuité visuelle est mesurée.	
	STEREOOPTICAL FVA clepennec@stereo optical.com	- même principe de test que l'ergovision	
	VISIOLITE FIM www.fim-medical.com	- même principe de test que l'ergovision - test mésopique avec 3 niveaux de contraste sans ou avec éblouissement latéral	
	MONPACKONE Moniteur Ophtalmologie www.metrovision.fr	- tests de bas contraste (10 %) et de basse luminance (1 cd/m ²). Les séries de tests correspondent à celles utilisées pour l'ETDRS et font également l'objet d'un score assisté par ordinateur. - test mésopique puis photopique sans ou avec éblouissement latéral de 7 lux mesuré au niveau de la cornée : le patient lit des lettres de 15'd'arc (0,33) de droite à gauche en partant de la première ligne. On commence par des lettres de basse luminance puis on augmente le contraste 1 puis 5 puis 100cd/m ² (6)	
Appareils plutôt destinés aux ophtalmologistes, orthoptistes, médecins du travail, médecins agréés, sur-experts	Afficheur type L40 www.luneau.fr	Même principe de test que l'ergovision	
Appareils plutôt destinés aux ophtalmologistes, orthoptistes, opticiens en lien avec la réfraction	MESOTEST II Oculus	4 niveaux de contraste sans éblouissement (illumination du fond à 0,032 cd/m ²) 4 niveaux de contraste avec éblouissement latéral situé à 3° (illumination à 0,1 cd/m ²) Le patient doit lire des anneaux de Landolt avec 6 positions par niveau de contraste. Un rapport entre sans et avec éblouissement est donné (7)	 

Tableau 1 : Quelques exemples des systèmes de vision mésopique disponibles en Europe.

CHAPITRE III.1.5. LA VISION CRÉPUSCULAIRE

un véhicule qui heurte l'arrière ou le côté d'un autre véhicule qui roule lentement où qui est à l'arrêt, **de nuit** ;

les chocs arrière dans le **brouillard**, de jour comme de nuit.

D'après une méta-analyse, le fait d'avoir les phares diurnes, c'est-à-dire allumés le jour, fait baisser de 10 % à 15 % le nombre d'accidents impliquant plus d'une partie. A l'heure actuelle, peu de pays exigent que les véhicules soient équipés de phares diurnes [12]. Les deux-roues motorisés équipés de phares diurnes ont environ de 10 % à 29 % moins d'accidents que les autres [13]. Aux Pays-Bas, plus de 30 % des collisions avec des cyclistes survenues la nuit ou au crépuscule auraient pu être évitées, si le vélo avait été éclairé [14].

V.4. Réglementation en conduite en vision crépusculaire

En Europe, la directive de 2009 précise : « Tout candidat à un permis de conduire devra subir les examens appropriés pour s'assurer qu'il a une acuité visuelle compatible avec la conduite des véhicules à moteur. S'il y a une raison de penser que le candidat n'a pas une vision adéquate, il devra être examiné par une autorité médicale compétente. Au cours de cet examen, l'attention devra porter plus particulièrement sur l'acuité visuelle, le champ visuel, **la vision crépusculaire**, la sensibilité à l'éblouissement et aux contrastes et la diplopie, ainsi que sur d'autres fonctions visuelles qui peuvent compromettre la sécurité de la conduite.

Pour les conducteurs du groupe 1 qui ne satisfont pas aux normes relatives au champ visuel ou à l'acuité visuelle, la délivrance du permis de conduire peut être envisagée dans des « cas exceptionnels » ; le conducteur doit alors se soumettre à l'examen d'une autorité médicale compétente afin de prouver qu'il ne souffre d'aucun autre trouble de la vision affectant notamment sa sensibilité à l'é-

blouissement et aux contrastes et sa **vision crépusculaire**. » [15].

En France, à la suite de la parution du nouvel arrêté 31 août 2010, la Délégation interministérielle à la sécurité routière et la Direction générale de la santé soulignent que les nouvelles normes médicales favorisent la mobilité de ces personnes atteintes de ces pathologies, tout en garantissant la sécurité de tous sur les routes. Elles tiennent compte de l'évolution des connaissances scientifiques et des pratiques médicales de traitement de ces affections.

« En matière de vision, les normes adoptées permettent une prise en compte plus globale des fonctions visuelles. **Refuser l'aptitude à la conduite sur base d'un seul critère, sans tenir compte des autres, ne correspondrait plus à la réalité d'aujourd'hui** ; en effet, une **faiblesse** sur un point précis, comme une acuité visuelle limite, peut souvent être **compensée** par de bons résultats pour d'autres critères, comme le champ visuel, la vision crépusculaire, la sensibilité à l'éblouissement et aux contrastes, par exemple. » [16].

Pour le groupe léger la vision crépusculaire est bien séparée de la vision nocturne (tableau 2).

De même dans le groupe lourd (tableau 3).

V.5. Vision crépusculaire citée dans certains métiers

La plupart des métiers des transports et de la sécurité, citent la vision crépusculaire-mésopique dans leur réglementation. Seuls certains métiers militaires et quelques très rares métiers comme les Bateliers travaillant sur le Rhin donnent des précisions sur l'appareil à utiliser et le seuil d'inaptitude.

< à 0,12 bougie/hm² jusqu'à 30 ans

< à 0,18 bougie/hm² après cet âge

1 bougie/hm² = 10⁻⁴ cd/m² sachant que le seuil ter-

2.1.3 Vision nocturne	Incompatibilité de la conduite de nuit si absence de vision nocturne. Compatibilité temporaire avec mention restrictive "conduite de jour uniquement" après avis spécialisé si le champ visuel est normal.
2.1.4 Vision crépusculaire, sensibilité à l'éblouissement, sensibilité aux contrastes	Pour les conducteurs du groupe 1 qui ne satisfont pas aux normes relatives au champ visuel ou à l'acuité visuelle, avis spécialisé avec mesure de la sensibilité à l'éblouissement, de la sensibilité aux contrastes et de sa vision crépusculaire.

Tableau 2 : permis léger : vision crépusculaire et nocturne : arrêté du 31 août 2010.

CHAPITRE III.1.5. LA VISION CRÉPUSCULAIRE

2.1.3 Vision nocturne	Avis spécialisé obligatoire. Si confirmation de l'affection : incompatibilité.
2.1.4 Vision crépusculaire, sensibilité à l'éblouissement	Avis spécialisé.

Tableau 3 : permis lourd : vision crépusculaire et nocturne : arrêté du 31 août 2010.

minal brut est autour de 10^{-6} cd/m² Tableau 4 : Pour le personnel navigant (pilotes d'avion militaire) : Seuil morphoscopique nocturne : Standard de vision n° 1. : cf chap. 2.3.2

Vision à l'aube et au crépuscule :

A vérifier en cas de doute uniquement. Mesotest sans éblouissement avec un champ périphérique de 0,032 cd/m², résultat : contraste 1 : 2,7. Tableau 5 : Bateliers travaillant sur le Rhin cf chap. 2.3.1.7

D'autres métiers nécessitent une bonne vision mésopique comme les opérateur-animateur d'attractions de parcs à thèmes, les soudeurs-ressoudeurs. Voir les fiches de poste sur le site www.bossons-fute.fr

REFERENCES

1. Millodot M, Crouzy R. Dictionnaire des sciences de la vision. *Ed Mediacom Vision*, 1994, 308 p.
2. Corbé C, Menu JP, Chaine G. Traité d'optique physiologique et clinique. *Ed Doin, Paris*, 1993, 395 pages
3. Johnson C. Peripheral visual function as a function of adaptation level. In *Night Vision Current Research and Future Directions*, National Academy Press, 1987.
4. Le Grand Y, Arnulf, Dubois-Poulsen, Belicard, Abitbol, Magis. Problèmes visuels relatifs à la conduite des véhicules. *Ed Masson, Bulletins et mémoires, SFO*, 1962, pp 160-165
5. Verriest G, Hermans G. Les aptitudes visuelles professionnelles. *Rapport Société Belge Ophtalmologie, Edition Bruxelles Imprimerie Médicale et Scientifique (S.A.)*, 67 rue de Lorient, 1975, 552p
6. Puell MC, Pérez-Carrasco MJ, Barrio A, Antona B, Palomo-Alvarez C. Normal Values for the Size of a Halo Produced by a Glare Source. *J Refract Surg*. 2013 ; 29 (9) : 618-622
7. Puell MC, Palomo C, Sanchez-Ramos C, Villena C. Mesopic contrast sensitivity in the presence or absence of glare in a large driver population. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2004 ; 242 : 755-761
8. Scharwey K, Krzizok T, Herfurth M. Night driving capacity of ophthalmologically healthy persons of various ages. *Ophthalmologe*, 1998, 95 : 555 – 558
9. Uvijls A. Mesopic visual acuity requirements for driving licences in the european union — Research report. *Bull. Soc. Belge Ophtalmol.*, 2001, 282, 71-77
10. OMS Rapport mondial sur la prévention des traumatismes dus aux accidents de la circulation 1. Accident, circulation – prévention et contrôle 2. Accident, circulation – orientations 3. Sécurité 4. Facteurs risque 5. Politique gouvernementale 6. Santé mondiale. Genève, 2004, http://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/world_report/intro_fr.pdf
11. Koornstra MJ. Safety relevance of vision research and theory. In *Gale AG, et al. (eds.). Vision in vehicles IV. Amsterdam (Pays-Bas), Elsevier*, 1993:3 – 13
12. Elvik R. A meta-analysis of studies concerning the safety effects of daytime running lights on cars. *Accident Analysis and Prevention*, 1996, 28 : 685 – 694
13. Radin Umar RS, Mackay MG, Hills BL. Modelling of conspicuity-related motorcycle accidents in Seremban and Shah Alam, Malaysia. *Accident Analysis and Prevention*, 1996, 28 : 325 – 332.
14. Schoon CC. Invloed kwaliteit fiets op ongevallen [L'influence de la qualité des cycles dans les accidents]. *Leidschendam (Pays-Bas), Institute for Road Safety Research*, 1996 (*Rapport R-96-32 du SWOV*).
15. Directive 2009/112/CE de la Commission du 25 août 2009 modifiant la directive 91/439/CEE du Conseil relative au permis de conduire, et directive 2009/113/CE de la Commission du 25 août 2009 modifiant la directive 2006/126/CE du Parlement européen et du Conseil relative au permis de conduire.
16. Arrêté du 31 août 2010 modifiant l'arrêté du 21 décembre 2005

LA VISION NOCTURNE

X. ZANLONGHI, S. MAJZOUB, C. ARNDT

VI.1. Le principe du test d'adaptation à l'obscurité

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. L'adaptométrie se définit comme la mesure du temps mis par la rétine pour récupérer sa capacité visuelle à des niveaux de stimulation de plus en plus faible [1].

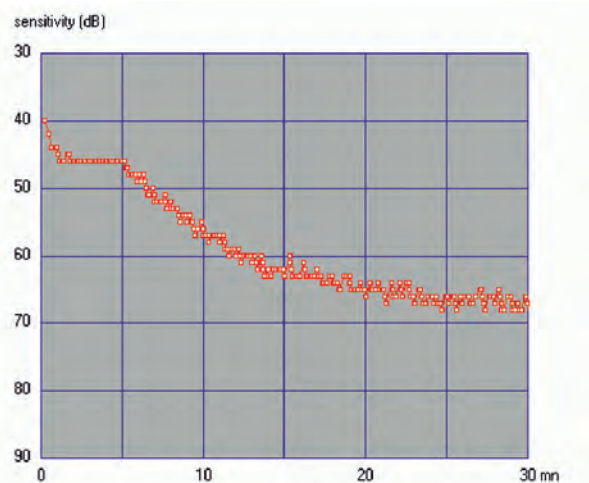


Figure 1 : La courbe de récupération après éblouissement comprend une première phase de durée 5 minutes environ correspondant à l'adaptation des cônes. Cette phase est suivie d'une deuxième correspondant à l'adaptation des bâtonnets dont la durée peut dépasser 25 minutes avant d'atteindre le niveau de sensibilité optimum qualifié de seuil lumineux terminal (SLT). Durant tout l'examen, on présente un stimulus visuel de très faible lumineux.

Il existe de nombreux facteurs de variations de cette courbe d'adaptation à l'obscurité dont l'un des plus importants est l'âge (**Fig. 2**) [2].

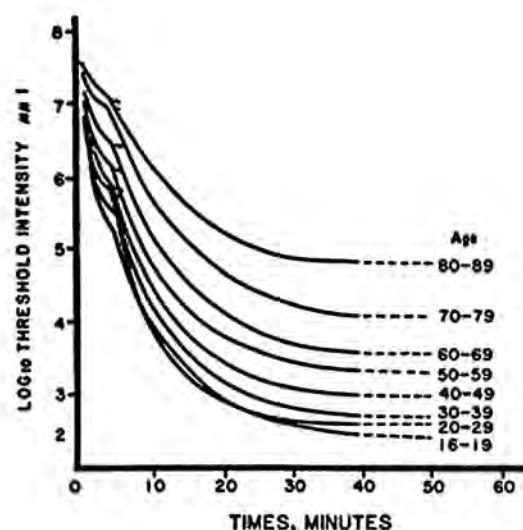


Figure 2 : La courbe de l'adaptation à l'obscurité après éblouissement met en évidence une élévation importante des seuils avec l'âge qui serait due à une combinaison de facteurs :
la réduction de la quantité de lumière atteignant la rétine résultant de la diminution de la taille pupillaire et de la perte de transparence des milieux oculaires associées à l'âge
la modification du métabolisme de la rétine
le vieillissement neuronal [3]

Cet examen est utile devant une description clinique d'une héméralopie en pathologie (surtout rétinienne), et en matière de sélection par le médecin du travail, le médecin agréé (militaire) (cf chap 3.7). Il permet de donner une inaptitude pour certains métiers (métiers du transport, métiers de sécurité, certains métiers militaires comme les pilotes d'avion, ..). Il permet également de dépister des dissimulations de cécité nocturne [1].

VI.2. Les appareils

<p>Scotopomètre de Beyne</p> <p>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.</p>	
<p>Adaptomètre de Goldmann-Weekers (Haag Streit)</p> <p>Cet appareil dispose d'une préadaptation sur l'ensemble du champ visuel (à 2000 asb = 636 cd/m²) et permet de mesurer de façon semi-automatique l'adaptation d'un grand nombre de fonctions visuelles.</p>	
<p>Programme d'adaptation à l'obscurité sur Moniteur Ophtalmologique (Metrovision)</p> <p>Ce programme permet de réaliser l'examen dans des conditions similaires à celles du Goldmann-Weekers. Il présente l'avantage d'être entièrement automatique. Ici la phase d'éblouissement à 500 cd/m². Norme fournie</p>	

Tableau 1 : Les appareils : le Scotopomètre de Beyne et l'Adaptomètre de Goldmann-Weekers ne sont plus disponibles depuis de nombreuses années, mais restent utilisés dans certains laboratoires et centre d'expertise.

VI.3. Critiques du test d'adaptation à l'obscurité

Le test classique d'adaptation à l'obscurité a pour principal inconvénient sa durée (30 à 40 minutes), et la nécessité d'une vigilance soutenue de la part du patient.

Ce test est insuffisant pour expliquer des gênes fonctionnelles de nuit, en particulier les modifications du champ visuel central paracentral et périphérique, les déficits augmentant. De même ce test n'étudie pas les éblouissement de courte durée sur une rétine adaptée à l'obscurité 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.

Les aptitudes pratiques à effectuer un travail en condition nocturne, dépendant du seuil lumineux absolu, de l'acuité visuelle en faible luminance, du champ visuel, mais surtout de la reconnaissance des formes et des mouvements aux bas niveaux d'éclairement.

Il existe également une neuro-adaptation, les difficultés en vision scotopiques (conduite de nuit) s'améliorent de façon assez significative avec le temps après une chirurgie réfractive [4].

VI.4. Conduite et vision nocturne

Le rapport de 2005 [5], la directive européenne de 2009 [6] ne citent ni le test d'adaptation à l'obscurité ni l'héméralopie.

Seul l'arrêté français du 31 août 2010 précise l'inaptitude en cas d'atteinte [7].

Pour le groupe léger la vision crépusculaire est bien séparée de la vision nocturne (tableau 2).

2.1.3 Vision nocturne	Incompatibilité de la conduite de nuit si absence de vision nocturne. Compatibilité temporaire avec mention restrictive "conduite de jour uniquement" après avis spécialisé si le champ visuel est normal.
-----------------------	---

Tableau 2 : Permis léger : vision nocturne : arrêté du 31 août 2010.

De même dans le groupe lourd (tableau 3).

2.1.3 Vision nocturne	Avis spécialisé obligatoire. Si confirmation de l'affection : incompatibilité.
-----------------------	--

Tableau 3 : Permis lourd : vision nocturne : arrêté du 31 août 2010.

SIGLE

SLT seuil lumineux terminal

REFERENCES

- 1. Maurin JF, Maille M.** Sens lumineux aux basses et hautes luminances. In *Acuité visuelle. Rapport SFO, Exploration de la Fonction Visuelle, J.F. RISSE, Ed by MASSON, Paris, 1999, 253-264*
- 2. Jayle GE, Ourgaud AG.** La vision nocturne et ses troubles. *Rapport de la Soc. Fr. Ophtalmol., Ed Masson, Paris, 1950, 863pp*
- 3. McFarland, cité par Owsley C.** Aging and night vision. . in *Night Vision Current Research and Future Directions National Academy Press, 1987*
- 4. Assouline M.** Qualité de vision après compensation chirurgicale de la presbytie. *Rapport SFO, Presbytie, Ed Masson, Paris, avril 2012, 60 pages*
- 5. van Rijn LJ.** New standards for the visual functions of drivers. *Report of the Eyesight Working Group. Brussels, May 2005, 35pp*
- 6.** Directive 2009/112/CE de la Commission du 25 août 2009 modifiant la directive 91/439/CEE du Conseil relative au permis de conduire, et directive 2009/113/CE de la Commission du 25 août 2009 modifiant la directive 2006/126/CE du Parlement européen et du Conseil relative au permis de conduire.
- 7.** Arrêté du 31 août 2010 modifiant l'arrêté du 21 décembre 2005

LA VISION STÉRÉOSCOPIQUE, L'APPRÉCIATION DES DISTANCES

X. ZANLONGHI, S. MAJZOUB, C. ARNDT

La distance est une des grandeurs qui permet de localiser les différents points de l'espace visuel par rapport à un repère donné [1]. Elle peut s'évaluer par rapport à l'observateur même, on définit alors une distance absolue ou distance égocentrique, ou entre deux objets, on définit alors une distance relative ou exocentrique.

D'autre part, la distance peut s'apprécier qualitativement (en avant ou en arrière du point de fixation) ou quantitativement.

Les informations nécessaires à l'évaluation des distances dans l'espace perçu 3D sont obtenues au cours de l'exploration visuelle de l'espace physique par déplacement et fixations successives du regard et par fusion des informations contenues dans les deux projections rétiniennes.

Deux grandes classes d'indices de distance interagissent pour reconstruire l'espace physique 3D : la perception monoculaire, les indices binoculaires.

VII.1. La perception monoculaire du relief [2]

Elle se base sur trois types d'indices.

VII.1.1. Indices statiques

Lorsque nous regardons une photo ou un dessin, nous pouvons affirmer intuitivement qu'un objet est situé devant ou derrière un autre parce que nous nous servons d'indices monoculaires de profondeur.

La perspective

La perspective est utilisée par les peintres et les dessinateurs. Cette technique est la plus connue pour donner une impression de relief. Il y a plusieurs perspectives. La plus simple est la perspective « cavalière » qui est utilisée en dessin industriel, la construction est basée sur des droites parallèles (Fig. 1).

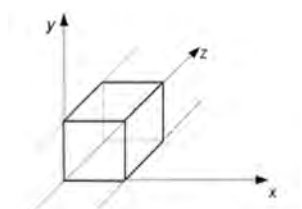


Figure 1 : Perspective cavalière.

Différence d'intensité lumineuse

Selon la variation de la luminosité sur l'objet, il est souvent possible de déterminer quelle est l'orientation de l'objet par rapport à la surface du papier ou de l'écran (Fig. 2).

illustration déjà envoyée

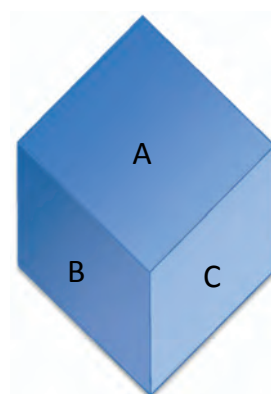


Figure 2 : Le relief est perçu grâce à la variation de luminosité. Intuitivement nous avons l'impression que la surface A est au-dessus des côtés B et C.

Dimensions relatives

Intuitivement, si nous avons deux objets, qui normalement ont la même dimension mais qui, sur l'image, présentent deux tailles différentes, nous aurons tendance à supposer que celui qui est le plus grand doit être plus proche (Fig. 3).

illustration déjà envoyée



Figure 3 : Intuitivement, les voitures sont perçues comme étant de plus en plus éloignées.

Occultation

Lorsqu'un objet en cache un autre, nous en déduisons a priori que l'objet caché est derrière l'autre. Notons que, sur la Figure 4, nous supposons que

c'est une ellipse qui est cachée par le rectangle, alors qu'il n'est pas dessiné entièrement. Notre cerveau complète les informations manquantes d'une image par ce qui lui semble le plus évident. illustration déjà envoyée

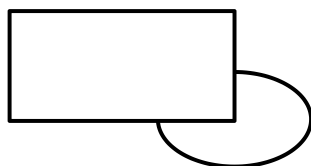


Figure 4 : Le rectangle est perçu devant l'ellipse.

Variation des fréquences spatiales de la texture

Une texture proche est plus précise, plus nette, qu'une texture éloignée. Notre œil ne perçoit que les basses fréquences d'un objet lointain. Lorsque les détails disparaissent progressivement sur une image, on a l'impression que l'objet s'éloigne, surtout si cet effet est lié à un effet de taille (**Fig. 5**).



Figure 5 : Les détails de la texture sont moins visibles au loin. Modifiée d'après Leroy 2009 [3].

Variation de visibilité

Si la photo a été prise à l'extérieur, l'atmosphère atténue les détails. Plus le paysage est flou, plus il est lointain (**Fig. 6**). Cet indice peut compléter le précédent : le gradient de texture.

VII.1.2. Indices cinétiques

Les mouvements des images sur la rétine constituent un moyen très puissant de perception du relief. La perception du relief grâce à cet indice est très rapide, elle est même plus rapide que la stéréo-

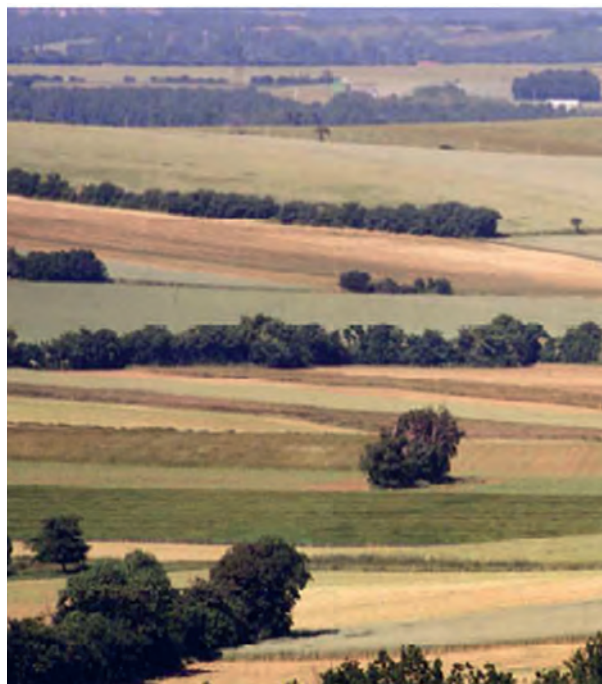


Figure 6 : Au loin, le paysage devient flou. Modifiée d'après Leroy 2009 [3].

scopie, surtout si les images sont difficiles à fusionner.

Les parallaxes de mouvements :

Lors de nos déplacements, les images des objets proches se déplacent plus rapidement sur la rétine que celles des objets lointains. Lors d'un mouvement, certains objets vont passer devant d'autres. L'objet couvert ou découvert se trouve logiquement derrière un autre. Un exemple d'échouage d'un navire lié à une erreur d'appréciation de la parallaxe est donné par Bureau de la Sécurité des Transports du Canada (BST) [4].

Mouvement de l'observateur ou de l'objet :

Le mouvement de l'observateur ou de l'objet ne produira pas la même perception. Si l'environnement (ou un objet) se déplace, il y a moins d'informations. En effet, lorsque nous changeons de position, le système vestibulaire de notre oreille interne nous transmet certaines informations supplémentaires, comme notre accélération. La perception en profondeur est donc plus performante lorsque l'observateur se meut dans l'espace.

VII.1.3. Indices proprioceptifs : l'accommodation et la convergence

Les indices proprioceptifs, accommodation et convergence, sont ajustés par le système visuel.

VII.2. La perception binoculaire du relief [1]

Nous percevons également la distance en nous servant de nos deux yeux. Ils ne sont pas situés au même endroit, donc ils ne reçoivent pas tout à fait la même image. Ces différences dans l'information sont utilisées par le cerveau pour en déduire la distance des objets observés.

Les indices binoculaires sont principalement des indices de disparités mais aussi des indices sensorimoteurs tels que la convergence.

VII.2.1. Les indices de disparité

Le traitement des disparités présentes dans les images en provenance des deux yeux est effectué conjointement par deux mécanismes binoculaires : la fusion et la stéréopsie.

La fusion consiste pour le système visuel à appareiller les deux images rétiniennes droite et gauche, en minimisant les disparités à l'aide des mécanismes oculomoteurs, de manière à avoir la sensation de percevoir une image unique. Deux notions sont particulièrement importantes pour le traitement des distances :

- la direction binoculaire, qui permet de localiser à droite, à gauche, en haut ou en bas, la direction des objets dans le plan de fixation,
- l'horoptère qui permet de localiser un objet en avant ou en arrière du plan de fixation.

La stéréopsie permet au système visuel d'apprécier les distances relatives des objets en profondeur. Cette sensation de relief a pour base l'existence de disparités horizontales qui peuvent être codées directement ou induire des mouvements exploratoires de vergence fournissant, là encore, un indice sensorimoteur du relief.

VII.2.2. Les indices sensorimoteurs tels que la convergence

Les mécanismes de la fixation binoculaire constituent les premiers indices de l'évaluation des distances. Quand on fixe binoculairement un objet, on réalise en parallèle les étapes suivantes :

- mise en coïncidence des projections géométriques de cet objet sur chacune des rétines par le mécanisme de vergence,
- mise au point des deux projections rétiniennes par le mécanisme d'accommodation, l'effort accommodatif constitue un indice monoculaire sensorimoteur de la distance,

- modification de la taille de la pupille de manière à optimiser la valeur de la profondeur de champ de la partie purement optique.

Les différents indices monoculaires et binoculaires de perception des distances et du relief, pondérés et combinés en série ou en parallèle, sont utilisés par le système visuel pour reconstruire un espace en 3 dimensions.

Il est à noter qu'en **vision éloignée**, lorsque la vision binoculaire n'est plus efficace, l'évaluation des distances n'est assurée que par les **indices monoculaires**.

La **distance critique d'efficacité de la vision binoculaire** est donnée par la relation :

D en mètres = $2p/\tan h$ h étant le seuil d'acuité stéréoscopique en seconde d'arc, et p la distance interpupillaire en mm. 600 m est la valeur retenue par Vurpillot. [5]. Cette valeur est remise en question par d'autres auteurs qui citent la valeur de quelques mètres au-delà de laquelle les indices monoculaires (flou, ombre propre, ombre portée, variations du contour, texture) sont plus importants que les indices binoculaires pour la vision du relief, de la profondeur et des distances [6].

VII.3. L'examen clinique de la vision du relief

En aptitude, pour obtenir une estimation de la capacité à percevoir les distances, la mesure du sens stéréoscopique est utilisée. Mais les textes réglementaires précisent rarement les tests et normes à utiliser. En dépistage il est d'usage d'utiliser le test de Lang (**Fig. 7**), pour une étude plus précise le TNO (**Fig. 8**). Les appareils de dépistage (Ergovision® d'Essilor, Visiolite® de FIM, FAV® de Stereoptical), le logiciel type Lagon®, l'appareil multifonction Monpackone de Metrovision, les afficheurs type L40® de Luneau, les projecteurs de tests, contiennent tous des tests de vision stéréoscopique, certains en vision rapprochée, d'autres en vision éloignée.

Par contre pour l'appréciation des distances en vision de loin, il n'y a pas de test standardisé, une mise en situation semble être la meilleure solution (par exemple pour les caristes, surtout dans les manœuvres en marche arrière).

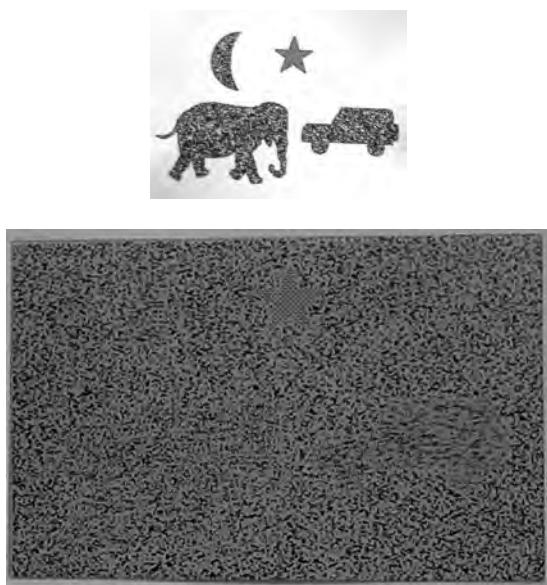


Figure 7 : Test de Lang 2 en dépistage : le patient doit nommer les 4 figures (figure du haut) qu'on lui présente sur le test (figure du bas).

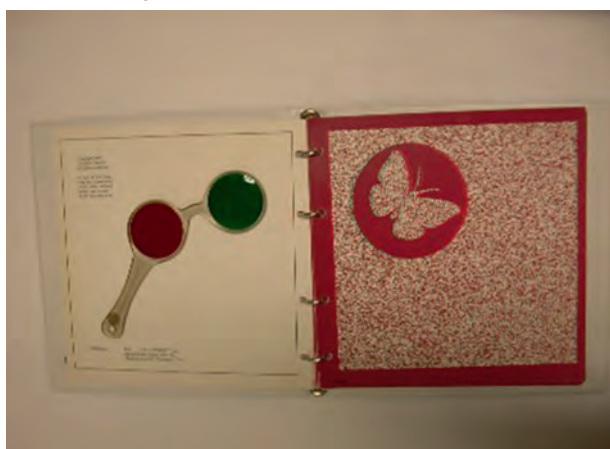


Figure 8 : Test de TNO, très précis pour la mesure de la vision stéréoscopique : le test complet avec les lunettes rouges vertes. Une stéréoscopie de 80 secondes d'arc au TNO permet d'affirmer avec une quasi-certitude l'existence d'une relation binoculaire normale.

VII.4. Perte ou modification de la vision du relief et conduite

Mc Knight, Shinar et Hilburn [7] ont étudié les différences de comportement de conducteurs ayant une vision binoculaire fonctionnelle, avec d'autres

ayant perdu l'usage d'un œil. On note l'existence d'une déficience en sensibilité aux contrastes, en acuité visuelle sous faible éclairage chez les conducteurs « monoculaires ». On observe aussi un déficit de la perception de la profondeur. Aucune variation de performance de conduite, évaluée par des indicateurs de maintien sur la voie, n'a été observée entre les deux types de conducteur. La condition de vision monoculaire semble seulement modifier les distances de lecture des panneaux de signalisation de jour comme de nuit.

En aptitude, le problème se pose surtout pour un conducteur qui a récemment perdu, partiellement ou totalement, l'usage d'un œil. Il devra attendre, de quelques jours à quelques mois, avant de recouvrer la capacité de percevoir les distances correctement (tableaux 1 et 2).

Se pose également le problème des patients se mettant volontairement en **monovision** par lentilles de contact ou par chirurgie réfractive. La monovision consiste à favoriser la vision de loin sur un œil dit « dominant » (en général l'œil droit chez un droitier) et la vision de près sur l'autre œil, dit « non dominant ». Cette dominance oculaire existe chez la très grande majorité des sujets et correspond souvent à l'œil directeur, ce qui explique qu'on vise (photographie, tir à la carabine, tir à l'arc) toujours avec le même œil. Le cerveau est capable de sélectionner spontanément l'image la plus importante des deux images de loin et de près qui sont perçues par la rétine en fonction du contexte cognitif [6]. Cette monovision, ou « bascule », est largement appliquée notamment pour les lentilles de contact, la chirurgie de la cataracte, les implants phakes et la chirurgie cornéenne au laser (LASIK, photokératome réfractive). La monovision ne perturbe pas le champ visuel binoculaire [8] mais altère le sens stéréoscopique [9]. La monovision par lentilles de contact d'un pilote d'avion aurait été impliquée dans un accident d'avion en 1996 [10, 11]. En tout état de cause, il faut vérifier que l'acuité visuelle de loin de l'œil destiné à la vision de près soit compatible avec le métier du patient.

L'arrêté du 31 août 2010 précise pour le groupe léger

CHAPITRE III.1.7. LA VISION STÉRÉOSCOPIQUE, L'APPRÉCIATION DES DISTANCES

2.1.1 : Acuité visuelle en vision de loin	Incompatibilité si l'acuité binoculaire est inférieure à 5/10. 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 5/10. Compatibilité temporaire dont la durée sera appréciée au cas par cas si l'acuité visuelle est limitée par rapport aux normes ci-dessus. Incompatibilité temporaire de 6 mois après la perte brutale de la vision d'un œil. L'acuité est mesurée 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 (moins de 1/10), délai d'au moins 6 mois avant de délivrer ou renouveler le permis et obligation de rétroviseurs bilatéraux. Avis spécialisé si nécessaire. Avis spécialisé après toute intervention chirurgicale modifiant la réfraction oculaire.
---	--

Tableau 1 : Groupe léger : arrêté du 31 août 2010.

2.1.1 : Acuité visuelle en vision de loin	Incompatibilité si l'acuité visuelle est inférieure à 8/10 pour l'œil le meilleur et à 1/10 pour l'œil le moins bon . Si les valeurs de 8/10 et 1/10 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. Avis spécialisé, si nécessaire. L'acuité est mesurée avec correction optique si elle existe déjà. Le certificat du médecin devra préciser l'obligation de correction optique. Avis spécialisé après toute intervention chirurgicale modifiant la réfraction oculaire.
---	--

Tableau 2 : Groupe lourd : arrêté du 31 août 2010.

Après avoir été mis au point pour l'aviation, des systèmes de vision augmentée par « vision tête haute » ou HUD (Head-up Display) commencent à équiper les voitures (**Fig. 9**). Certains utilisateurs ont fait remarquer que ces systèmes étaient peu opérants avec des lunettes polarisantes, des verres filtrants, en plein soleil, et pouvaient être gênants en conduite de nuit, car trop lumineux. Ces systèmes progressent et donnent déjà des indications de distance qui pallieront, en partie, une déficience de vision stéréoscopique [12].



Figure 9 : Système tête haute « HUD » de BMW.

SIGLES

BST Bureau de la Sécurité des Transports du Canada

HUD Head-Up Display ou dispositif d'affichage électronique tête haute

TNO test de vision stéréoscopique anaglyphe

REFERENCES

1. **Monot A.** Vision binoculaire et perception des distances. *Bull. Soc. Fr. Opt. Physiol.*, 2000, tome9, 13-22
2. **Fuchs P, Moreau G, Berthoz A, Vercher JL.** Le traité de la réalité virtuelle — Volume 1. L'homme et l'environnement virtuel. *Editeur (s) : Presses des Mines – Transvalor, Collection : Sciences mathématiques et informatique*, 2006, 380 pages
3. **Leroy L.** Interfaçage visuel stéréoscopique : diminution de la fatigue visuelle et caractérisation de la perception des formes. *Thèse pour obtenir le grade de DOCTEUR DE L'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES MINES DE PARIS Spécialité « Informatique temps réel, robotique et automatique », ED n°431 : ICMS – Information, communication, modélisation et simulation*, 2009, 257p
4. Bureau de la Sécurité des Transports du Canada (BST) Rapport d'enquête maritime M11C0001 <http://www.tsb.gc.ca/fra/rapports-reports/marine/>
5. **Vurpillot E.** Perception de la distance et de la grandeur des objets. *L'année psychologique*, 1956, Volume 56, Numéro 56-2, pp. 437-452
6. **Assouline M.** Qualité de vision après compensation chirurgicale de la presbytie. *Rapport SFO, Presbytie*, Ed Masson, Paris, avril 2012, 60 pages
7. **McKnight AJ, Shinar D, Hilburn B.** The visual and driving performance of monocular and binocular heavy-duty truck drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 1991, 23 (4), 225-237
8. **Stanojcic N, Wilkins M, Bunce C, Ionides A.** Visual fields in patients with multifocal intraocular lens implants and monovision : an exploratory study. *Eye (Lond)*, 2010 ; 24 : 1645-1651
9. **Fawcett SL, Herman WK, Alfieri CD et al.** Stereoacuity and foveal fusion in adults with long-standing surgical monovision. *J AAPOS*, 2001 ; 5 : 342-347
10. **Nakagawara VB, Veronneau SJ.** Monovision contact lens use in the aviation environment : a report of a contact lens-related aircraft accident. *Am J Ophthalmol*, 2000 ; 130 : 542-543
11. **Baron R.** Guest editorial. The crash of Delta flight 554 : Was monovision contact lens use the cause ? <http://www.airlinesafety.com/editorials/Delta554.htm>
12. **Claverie B, Léger A.** Vision augmentée par HUD : pour une prise en compte des contraintes psychophysiologiques. HUD augmented vision : for a consideration of psychophysiological constraints. *Revue des Interactions Humaines Médiatisées Journal of Human Mediated Interactions*, 2009, Vol 10- N° 1/2009, 27-58

L'ATTENTION VISUELLE, LE TRAITEMENT DE L'INFORMATION VISUELLE À L'ÉTAGE COGNITIF

C. MORONI, C. MARKS-DELESALLE

1.8.1. L'attention visuelle.

Les scènes visuelles sont riches d'objets à percevoir. La représentation cognitive des caractéristiques de ces objets est une tâche fondamentale du système visuel, puisque cette représentation est ensuite utilisée par d'autres fonctions cognitives supérieures comme le raisonnement, la prise de décision, ou la mémoire. Etant donné le grand nombre d'informations contenu dans une scène visuelle, il est nécessaire de sélectionner certaines d'entre elles au détriment d'autres, ce qui est en partie le rôle de l'attention. Il est à présent acquis que l'attention peut être décomposée en trois grands processus cognitifs qui sont la vigilance, l'attention sélective et le contrôle attentionnel :

- Le rôle de la vigilance est de soutenir l'intensité de l'attention au cours d'une tâche longue et/ou ennuyeuse en augmentant l'état attentionnel global [1]. Son objectif est de permettre une réceptivité non spécifique aux informations externes et internes à l'individu [2]. Elle dépend d'un réseau fonctionnel impliquant le tronc cérébral (formation réticulée), le gyrus cingulaire antérieur, le cortex préfrontal dorsolatéral et le cortex pariétal inférieur de l'hémisphère droit.

- L'attention sélective qui permet, comme son nom l'indique, de sélectionner selon des critères perceptifs et/ou temporels des stimuli pertinents pour une tâche cognitive en cours repose sur l'implication de régions cérébrales de l'hémisphère droit (lobe pariétal postérieur, gyrus frontal médian supérieur, zone jonctionnelle temporo-pariétale) et de l'hémisphère gauche (les sillons intrapariétaux postérieurs et antérieurs, le gyrus frontal médian inférieur et supérieur) [3].

- Enfin, la fonction du contrôle attentionnel est d'organiser des stratégies cognitives et de coordonner des informations utiles à plusieurs tâches cognitives à réaliser simultanément. Ce processus est assuré essentiellement par le cortex préfrontal dorsolatéral [4].

L'attention est donc une capacité cognitive qui nécessite la collaboration permanente entre ces différents composants ce qui se traduit au plan anatomique par la mise en œuvre de réseaux neuronaux

étendus impliquant le tronc cérébral, les noyaux gris centraux et les deux hémisphères cérébraux.

Toutefois, lorsqu'on parle d'attention visuelle, on fait implicitement référence à l'attention sélective visuelle. Elle assure un rôle important dans l'intégration temporelle et spatiale des informations perçues dans le monde extérieur [5]. L'intégration temporelle des informations perçues nous permet d'apprécier un film au cinéma, succession d'images indépendantes assemblées grâce à l'attention visuelle pour permettre aux spectateurs de ne percevoir qu'un flux visuel continu constituant le film. Cette intégration temporelle des informations visuelles est utile lors de la conduite automobile, elle permet d'appréhender correctement le flux des voitures perçues dans notre rétroviseur alors que nous nous apprêtons à doubler la voiture qui nous précède. L'intégration spatiale des informations perceptives [6] dépend de deux modes d'orientation de l'attention sélective visuelle : l'orientation exogène et l'orientation endogène. L'orientation exogène est mise en œuvre rapidement (avant 250 msec), elle n'est pas contrôlée par la volonté de la personne car elle est automatiquement attirée par des modifications brutales du monde extérieur. Ce mode d'orientation de l'attention est surtout dévolu au champ visuel périphérique. A l'inverse, l'orientation endogène est mise en œuvre plus lentement (après 250 msec) sous le contrôle de la volonté du sujet. Ce mode d'orientation de l'attention est spécifique à la partie centrale du champ visuel.

1.8.2. Traitements cognitifs de l'information visuelle.

L'image rétinienne est transmise le long des voies optiques jusqu'aux lobes occipitaux de façon rétinotopique, c'est-à-dire que les neurones qui répondent à une stimulation venant d'une portion donnée du champ visuel sont situés juste à côté des neurones dont le champ récepteur couvre des portions adjacentes.

Les premiers traitements visuels débutent dans les lobes occipitaux. Les caractéristiques physiques du

CHAPITRE III.1.8. L'ATTENTION VISUELLE, LE TRAITEMENT DE L'INFORMATION VISUELLE À L'ÉTAGE COGNITIF

signal : contrastes, luminosité, couleurs... y sont traitées. Une analyse de l'orientation, de la vitesse, de la direction des mouvements y est également réalisée. Puis, les informations sont transmises parallèlement aux deux voies visuelles (**Fig. 1**) : la voie dorsale (occipito – pariétale) et la voie ventrale (occipito – temporale) :

- la voie occipito-pariétale ou dorsale se caractérise par un traitement rapide des informations visuelles permettant de localiser spatialement un objet immobile ou en mouvement dans une scène visuelle. Elle gère la coordination visuo-motrice et elle est impliquée dans les actions.

- la voie occipito-temporale ou ventrale se caractérise par un traitement plus lent des informations visuelles. Elle intervient essentiellement dans l'identification consciente des objets.

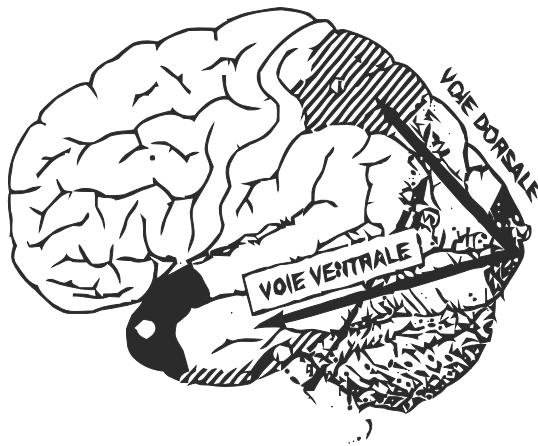


Figure 1. Schématisation des 2 voies de traitement des informations visuelles.

Selon la localisation d'une lésion sur ce cheminement de l'information visuelle, les retentissements fonctionnels observés sont de différent ordre (**Fig. 2**) :

Une atteinte le long des voies optiques est responsable d'un déficit de champ visuel latéral homonyme. Ce déficit peut être associé à un trouble neuropsychologique mais cette association n'est pas obligatoire car les déficits du champ visuel et les déficits neuropsychologiques sont indépendants.

Une atteinte bilatérale des lobes occipitaux est responsable d'une cécité corticale.

Ce déficit neuropsychologique concerne l'en-

Localisation de la lésion cérébrale	Trouble neurovisuel
Voies optiques	Déficit latéral homonyme de champ visuel
Lobes occipitaux	Cécité corticale
Voie occipito-temporale	Agnosie/prosopagnosie
Voie occipito-pariétale	
1 hémisphérique gauche	Alexie pure
2 hémisphérique droite	Ataxie optique/Héminégligence

Figure 2. Troubles neurovisuels en fonction de la localisation de la lésion cérébrale.

semble des informations (objet, visage, lettre...), le patient ne parvient plus à traiter au plan cognitif les informations visuelles transmises par les voies optiques. Toutefois, il a été décrit chez certains patients souffrant de cette pathologie la préservation d'une vision sans conscience. Par exemple, il leur est possible de positionner correctement leur main pour saisir un objet sans savoir ce qu'est cet objet ni où il se trouve (c'est ce qu'on nomme le Blindsight).

Une lésion de la voie occipito-temporale provoque des déficits neuropsychologiques spécifiques à un type de stimulus visuel. En effet, il est possible d'observer un déficit d'identification visuelle portant exclusivement sur les visages, c'est la prosopagnosie. Le patient ne reconnaît plus les visages des personnes célèbres voire même son propre visage dans un miroir. Toutefois, il lui est toujours possible d'identifier une personne grâce à sa démarche, sa coiffure ou encore sa voix. L'agnosie visuelle concerne uniquement l'identification visuelle des objets. Elle peut être rencontrée dans les suites d'un accident vasculaire cérébral ou dans un cadre de pathologie dégénérative [7]. Le diagnostic d'agnosie visuelle sera évoqué au regard de l'existence des quatre critères suivants :

- 1. présence d'un trouble de la reconnaissance visuelle des stimuli présentés,
- 2. trouble de la reconnaissance limité à la modalité visuelle (de ce fait, les stimuli doivent être reconnus lors d'une présentation auditive et/ou tactile),
- 3. absence de déficit sensoriel visuel élémentaire majeur et
- 4. absence de déficit majeur d'autres capacités cognitives du sujet pouvant expliquer les difficultés de reconnaissance [8].

**CHAPITRE III.1.8. L'ATTENTION VISUELLE, LE TRAITEMENT DE L'INFORMATION
VISUELLE À L'ÉTAGE COGNITIF**

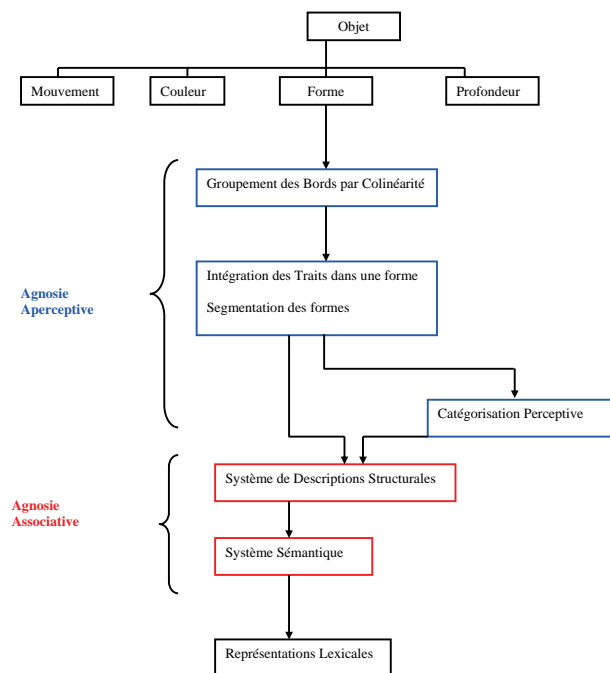


Figure 3 : Modèle de la reconnaissance des objets – Riddoch et Humphreys (2001)

Les étapes cognitives permettant l'identification visuelle des objets sont décrites dans le modèle proposé par Riddoch et Humphreys [9] (**Fig. 3**). Ce modèle suppose que les traits perceptifs tels que la forme, la couleur, la profondeur et le mouvement sont traités indépendamment. L'agnosie visuelle est un déficit spécifique du traitement de la forme des objets perçus.

Les étapes cognitives nécessaires à l'identification d'un objet sont les suivantes :

- 1. le groupement des bords par colinéarité,
- 2. l'intégration des Traits dans une forme/Segmentation de formes, cette étape permet également de réaliser une ségrégation figure/fond permettant de percevoir plusieurs objets entremêlés.
- 3. la catégorisation perceptive permet la construction d'une représentation interne en trois dimensions de l'objet, c'est-à-dire la construction d'une représentation indépendante du point de vue d'observation. Ce processus permet à partir de plusieurs images rétiniennes induites par les présentations de vues différentes (de face, de trois quarts, de profil, d'en haut, d'en dessous), l'élaboration d'une représentation mentale de l'objet perçue indépendante des points de vue de l'observateur.

- 4. le système de descriptions structurales est un processus de stockage à long terme des représentations mentales encodées en fonction de leur format visuel. Dans ce système, sont stockées les formes visuelles des objets indépendamment de toutes autres connaissances associées (ce n'est que la silhouette visuelle d'un objet qui est stocké et non pas le bruit qu'il fait ou son odeur).

- 5. le système sémantique renferme, quant à lui, l'ensemble des connaissances associées à une forme visuelle (nom, bruit, attributs fonctionnels...).

Un dysfonctionnement des trois premières étapes cognitives provoque une agnosie aperceptive alors qu'une agnosie associative sera la conséquence d'un dysfonctionnement des dernières étapes cognitives du modèle.

Enfin, une lésion de la voie occipito-pariétale provoque des déficits neuropsychologiques distincts selon la latéralisation hémisphérique de la lésion :

- 6. Une lésion hémisphérique gauche impliquant le lobe pariétal peut provoquer une alexie pure qui se caractérise par un trouble de la lecture sans trouble de l'écriture. Le tableau clinique se caractérise par l'impossibilité de lire des mots ou des phrases. La lecture de lettres isolées peut être préservée, si elle ne l'est pas - 7. le patient parvient à identifier une lettre à l'aide d'une stratégie haptique consistant à suivre du doigt les contours de la lettre.

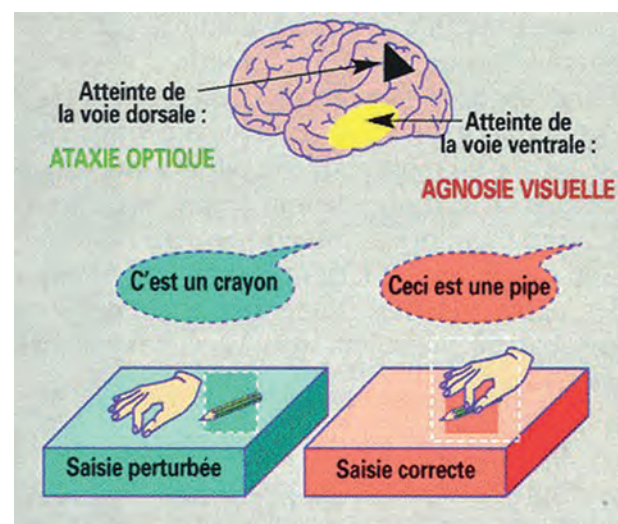


Figure 4. L'ataxie optique : le patient ne parvient pas à atteindre un objet perçu dans l'espace.

Une lésion hémisphérique droite, quant à elle, peut provoquer plusieurs tableaux neuropsychologiques, nous évoquerons ici deux d'entre eux l'ataxie optique et le syndrome de négligence spatiale. L'ataxie optique est un trouble des mouvements guidés par la vue, le patient ne parvient pas à atteindre un objet perçu dans l'espace (**Fig. 4**). Le syndrome de négligence spatiale unilatéral défini comme l'incapacité « à signaler, à répondre à, ou à s'orienter vers des stimuli nouveaux porteurs de sens lorsque ceux-ci sont présentés du côté opposé à une lésion cérébrale, sans que ce trouble ne soit explicable par un déficit sensoriel ou moteur » [10]. Le patient se comporte comme si son hémis-espace gauche (car habituellement consécutif à une lésion hémisphérique droite) n'existait pas, il peut ne pas manger les aliments situés sur la partie gauche de son assiette ou encore ne se raser que la partie droite de son visage.

REFERENCES

1. **Posner, M. I. & Boies, S. J.** (1971). Components of attention. *Psychological Review*, 78, 391-406.
2. **Siéroff, E.** (1994). Les mécanismes attentionnels. In X. Seron, & M. Jeannerod, *Neuropsychologie Humaine*, Liège : Mardaga, p. 127-151.
3. **Thiel, C. M., Zilles, K. & Fink, G.R.** (2004). Cerebral correlates of alerting, orienting and reorienting of visuospatial attention : an event-related fMRI study. *Neuroimage*, 21, 318-28.
4. **Collette, F., Van der Linden, M., Delfiore, G., Degueldre, C., Luxen, A. & Salmon, E.** (2001). The functional anatomy of inhibition processes investigated with the Hayling task. *Neuroimage*, 14, 258-67.
5. **Johnston, W. A. & Dark, V. J.** (1986). Selective attention. *Annuals Review of Psychology*, 37, 43-75.
6. **Bartolomeo, P., Siéroff, E., Decaix, C. & Chokron, S.** (2001). Modulating the attentional bias in unilateral neglect : the effects of the strategic set. *Experimental Brain Research*, 137, 432-44.
7. **Maillet, D., Moroni, C. & Belin, C.** (2009). L'atrophie corticale postérieure. *Psychologie et Neuropsychiatrie du vieillissement*, 3, 193-203.
8. **Bruyer, R.** (1995). Les agnosies visuelles. *Revue de Neuropsychologie*, 5, 411 — 424.
9. **Riddoch, M. J. & Humphreys, G. W.** (2001). Object Recognition. In B. Rapp. *The handbook of cognitive neuropsychology. What deficits reveal about the human mind* (pp. 45 — 74). Philadelphia : Psychology Press.
10. **Heilman, K. M., Watson, R. T., & Valenstein, E.** (1993). Neglect and related disorders. In K. M. Heilman & E. Valenstein (Eds.), *Clinical Neuropsychology* (3rd ed., pp. 279-336). New York : Oxford University Press.

L'ÉVALUATION NEURO-PSYCHOLOGIQUE ET APTITUDE VISUELLE

C. MORONI

II. L'évaluation neuropsychologique.

Les troubles cognitifs sont des symptômes, des manifestations de surface qui peuvent être provoqués par des contextes différents. En premier lieu, on pense à une origine neurologique (soit dans les suites d'un AVC soit dans un processus neurodégénératif) mais les troubles cognitifs peuvent également apparaître dans un contexte psychiatrique (associés à une dépression ou à un trouble d'origine psychotique) ou encore associés à un contexte de douleur chronique [1].

L'objectif d'une évaluation neuropsychologique est l'étude des processus mentaux associés aux comportements de la vie de tous les jours. Elle peut être menée chez les enfants, les jeunes adultes ou les adultes âgés. Ce type d'évaluation nécessite des compétences cliniques et méthodologiques strictes et rigoureuses. C'est à partir de la période de l'« entre-deux-guerres » puis dans les suites de la seconde guerre mondiale que la pratique de l'évaluation neuropsychologique est devenue systématique dans les services de neurologie et de rééducation fonctionnelle. A cette époque, l'objectif de l'évaluation neuropsychologique était de contribuer à la localisation et à la latéralisation hémisphérique d'une lésion cérébrale et cela à l'aide de tests « papier-crayon » (cf. figure 1 pour des exemples d'épreuves papier-crayon) dont le principe est de proposer des situations impliquant la mise en œuvre d'un processus cognitif (comme les capacités d'exploration ou de construction visuo-spatiale, la mémoire, le raisonnement...). Ces tests sont construits en référence à des modèles théoriques du fonctionnement cognitif normal, leur procédure est standardisée (les consignes, le déroulement sont les mêmes quel que soit le clinicien qui les utilise). Ces tests sont accompagnés de normes établies à partir de participants contrôles permettant le calcul d'un score seuil séparant une performance normale d'une performance déficitaire. L'utilisation de ces tests implique des compétences techniques ainsi qu'une rigueur méthodologique qui donnent à cet aspect de l'évaluation neuropsychologique un contexte « d'expérimentation de laboratoire » un peu éloigné des situations de la vie quotidienne.

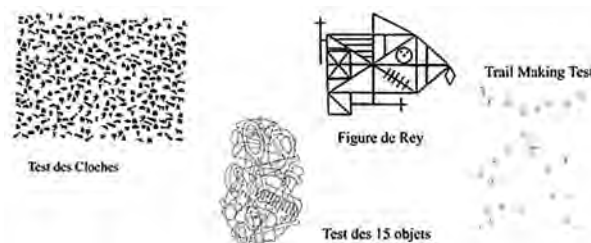


Figure 1 : Exemples de quelques épreuves « papier-crayon » employées lors d'une évaluation neuropsychologique : Test des cloches [2] ; Figure de Rey [3] ; Tests des 15 objets emmêlés de Pillon [4], Trail Making Test [5].

Le développement des techniques d'imagerie médicale (IRM, PET...) a induit des évolutions dans l'objectif de l'évaluation neuropsychologique. En effet, cette évaluation s'est enrichie d'outils complémentaires permettant de mesurer le retentissement fonctionnel d'une pathologie de la cognition et cela à l'aide d'échelles, d'outils informatisés et d'épreuves écologiques.

II.1 Echelles

L'usage des échelles en pratique neuropsychologique s'est progressivement développé car ces échelles permettent souvent d'appréhender les retentissements fonctionnels des troubles cognitifs des patients. Parmi les échelles à disposition, on peut citer l'échelle de difficultés cognitives de Mac Nair et Khan [6] dont l'objectif est d'évaluer les plaintes cognitives des patients à l'aide d'un auto-questionnaire qui explore le retentissement fonctionnel des troubles de l'attention, de la mémoire ou encore de l'orientation dans le temps. Une limite de cette échelle est qu'elle évalue la fréquence des troubles cognitifs mais pas leur intensité. Concernant les troubles neurovisuels, Croisile et al. [7] ont élaboré un questionnaire permettant de recueillir les difficultés quotidiennes induites par des troubles de l'identification visuelle et de la réalisation des gestes dans le cadre d'un processus neurodégénératif : l'atrophie corticale postérieure. Ce questionnaire explore à l'aide de 32 questions plusieurs secteurs de la vie quotidienne (la vision, le regard, l'utilisation d'objets..., cf. Fig. 2).

CHAPITRE III.2. L'ÉVALUATION NEURO-PSYCHOLOGIQUE ET APTITUDE VISUELLE

Score total du Q-ACP (nombre de oui) = / 32.	
Secteurs	Symptômes à rechercher
Vision	1 - ne pas voir un objet devant soi 2 - paradoxalement, mieux repérer les objets éloignés que les objets proches 3 - voir flou 4 - se tromper d'ustensiles ou d'outils, confondre les objets entre eux 5 - ne plus reconnaître certains visages
Regard	6 - regard mal dirigé, dans une mauvaise direction 7 - regard vague ou perdu
Lieux	8 - se perdre dans les lieux familiers (à pied, en voiture, en transports en communs)
Secteurs	Symptômes à rechercher
Utilisation d'objets	9 - se tromper de sortie (de pièce, de lieu, de parking...) 10 - mal utiliser outils ou ustensiles (télécommande, électroménager, machines...) 11 - mal disposer verres, couverts et assiettes, casser beaucoup d'objets 12 - ne plus savoir disposer ses doigts sur les touches du téléphone
Saisie	13 - rater un objet à saisir ou une main à serrer 14 - tâtonner pour trouver ou prendre les objets
Fauteuils, chaises, lit	15 - s'asseoir à l'envers ou de travers, rater le fauteuil, s'asseoir entre deux chaises, se coucher en travers du lit ou à l'envers
Portes	16 - ne pas trouver les poignées ou les serrures, lever la poignée au lieu de l'abaisser 17 - heurter les portes, les chambranles, les meubles
Voiture	18 - ne pas voir les trottoirs ou une voiture devant soi, perdre sa voiture sur le parking, se tromper de voiture ou ne pas la voir 19 - en cas de conduite automobile : souvent rayer sa voiture ou celles des autres, rater les crèneaux, mal évaluer les distances, rouler à gauche ou au milieu de la rue 20 - se tromper de côté ou de portière de voiture 21 - chercher à tâtons la poignée de la portière 22 - s'asseoir à l'envers ou de travers, voir sur le fond 23 - ne plus savoir mettre sa ceinture de sécurité
Vêtements	24 - difficultés fréquentes d'habillage : se tromper de manche, avoir du mal à enfiler un pull ou une chemise, commettre des erreurs de boutonnage
Chaussures	25 - se tromper de chaussure ou de pied, mettre deux chaussures différentes
Lecture	26 - avoir l'impression que les lettres sont floues, se brouillent ou disparaissent lorsqu'on les fixe longuement 27 - se tromper de ligne lors du passage à la ligne suivante 28 - lire plus facilement les petites lettres que les grosses lettres
Écriture	29 - mal réaliser lettres et chiffres 30 - ne plus savoir signer 31 - espacer les lettres, agrandir les marges, oublier barres ou accents, disperser les traits, onduler les lignes

Figure 2 : Echelle Q-ACP élaborée par Croisile et al. [7].

II.2 Outils informatisés :

Plus récemment, l'évaluation neuropsychologique des patients a bénéficié du développement d'outils informatisés dont le principal atout est de pouvoir mesurer de façon fiable à la fois les temps de réponse des patients et également les temps de présentation visuelle des objets. Ces outils ont été développés essentiellement pour évaluer les capacités attentionnelles. Au cours du chapitre III.1.10 de cet ouvrage, il est abordé deux exemples de batteries informatisées : la TAP (Zimmerman & Fimm, 2009) et la BAWL développée par Michel Leclercq à l'université de Namur.

A la frontière entre la pratique neuropsychologique et ophtalmique, nous réalisons actuellement dans le service d'Exploration Fonctionnelle de la Vision à l'hôpital Salengro (CHRU de Lille), une étude utilisant la procédure « Useful Field Of View » — UFOV [8, 9, 10] dans le but d'estimer l'efficacité des stratégies attentionnelles des patients présentant une atteinte du champ visuel et cela dans le cadre de l'évaluation de la reprise de la conduite automobile. Cette procédure mise à notre disposition par la société Métrovision® nécessite un écran équipé d'un levier sur le côté gauche utilisé par la main gauche, d'un bouton réponse placé dans la main

droite et d'un ordinateur de contrôle. Elle comprend trois tâches attentionnelles (Fig. 3) :

- **une simple tâche** : qui consiste en la mesure des capacités d'attention sélective. Au centre de l'écran blanc, apparaît une flèche noire bordée d'un cadre jaune pouvant pointer dans trois directions différentes : gauche, droite ou haut de l'écran. Le participant doit baisser le levier si la flèche pointe à gauche, le monter s'elle pointe à droite et ne rien faire si elle pointe vers le haut.

- **une double tâche** : qui nécessite de réaliser simultanément deux tâches et évalue les capacités d'attention divisée. Dans cette tâche, le participant doit toujours actionner le levier selon l'orientation de la flèche centrale mais en plus appuyer sur le bouton réponse mis dans sa main droite dès qu'il détecte une cible latérale apparaissant en haut, en bas, à gauche ou à droite dans son champ de vision.

- **une double tâche avec distracteurs visuels** : qui évalue également l'attention divisée mais cette dernière tâche requière en plus de la situation précé-

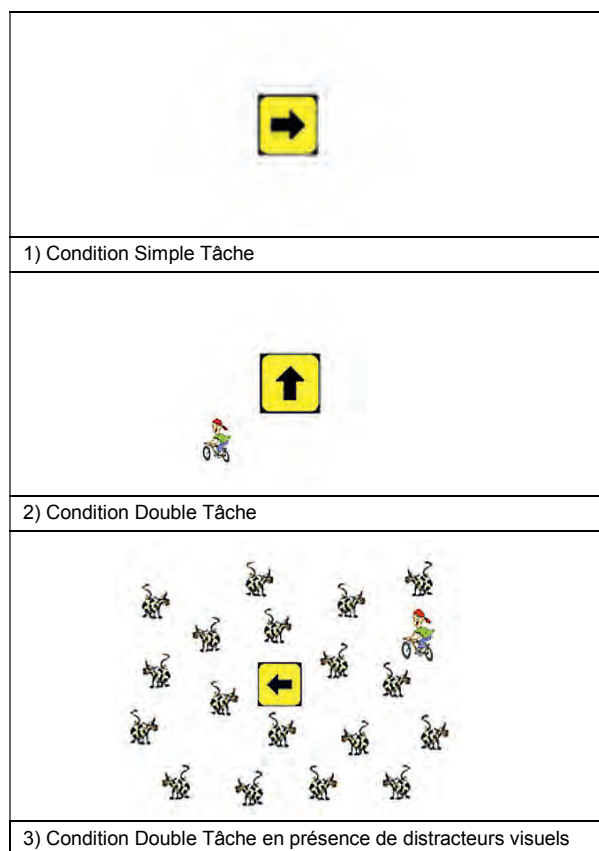


Figure 3 : Champ visuel attentionnel de la société Métrovision®

dente des capacités d'inhibition puisqu'il est demandé au participant, comme dans la condition double tâche, d'actionner le levier selon l'orientation de la flèche et de détecter les cibles latérales mais à présent des distracteurs visuels sont présents sur tout l'écran. Il est alors indispensable d'inhiber ces distracteurs pour détecter correctement les cibles latérales.

Au cours de ces trois tâches, il est comptabilisé le nombre d'omission des cibles centrales et latérales ainsi que le temps mis pour répondre aux cibles centrales et pour détecter la présence des cibles latérales. Cette tâche informatisée est réalisée en complément d'une évaluation neuropsychologique « papier-crayon », d'un examen ophtalmologique et orthoptique et nous permet d'affiner l'avis énoncé concernant les possibilités de reprendre ou non la conduite automobile. En effet, la comparaison des profils de performances obtenues aux épreuves « papier-crayon » et à cette épreuve de champ attentionnel permet de définir si le patient parvient à mettre en œuvre des stratégies de compensation attentionnelle et grâce à celles-ci à atténuer le retentissement fonctionnel de l'atteinte de son champ visuel.

II.3 Épreuves écologiques :

Réalisées en collaboration avec un (e) ergothérapeute, les épreuves dites écologiques sont venues enrichir la palette d'outils à la disposition du clinicien. Ces épreuves plongent le patient dans des activités proches de celles rencontrées dans la vie quotidienne. Comparativement aux épreuves « papier-crayon », les épreuves écologiques dépendent davantage de la motivation du sujet, elles mettent en jeu plusieurs actions se déroulant en parallèle et sur des durées beaucoup plus longues. De plus, elles impliquent des distracteurs en plus grand nombre et leur apparition est plus aléatoire car elle n'est pas définie par l'examineur ou la situation

de test. Il existe un grand nombre d'épreuves écologiques comme par exemple la préparation d'une recette culinaire [11] ou encore le test des errances multiples (« Multiple Errands Test », décrit par Burgess et Shallice, 12, 13). Cette dernière épreuve consiste à réaliser une série d'achats (achat de 6 articles : pain, fil, paquet de graines....) et à recueillir plusieurs informations (prix d'un kilo de tomates, localiser un endroit prédéfini...), le tout dans un quartier piétonnier préférentiellement inconnu du patient, et cela en respectant des contraintes précises. Les épreuves écologiques présentent toutefois quelques limites dont celle d'avoir un mode de passation peu normalisé ou encore d'obtenir un recueil de données différent selon les examinateurs accompagnants le patient.

Tous ces outils complémentaires (échelles, outils informatisés, épreuves écologiques) sont à la disposition du clinicien pour compléter l'évaluation neuropsychologique basée sur des épreuves type « papier-crayon ». Au cours du chapitre 3.10 de cet ouvrage, la procédure d'évaluation de deux déficits neurovisuels : l'agnosie visuelle et la négligence seront détaillées.

Toutefois, ces deux procédures sont mises en œuvre pour rechercher des troubles neurovisuels rencontrés chez l'adulte. Concernant les troubles neurovisuels de l'enfant, Sylvie Chokron et son équipe ont élaboré la batterie EVA (cf : site internet : <http://www.vision-et-cognition.com>) qui se compose de neuf épreuves « papier-crayon » pour le champ visuel, l'oculomotricité, la stratégie d'exploration visuelle, l'attention sélective, l'orientation et l'attention dans l'espace, l'analyse et la reconnaissance visuelle et la mémoire visuelle. Le dépistage des troubles neurovisuels chez l'enfant est indispensable car il permet d'éviter un retentissement de ces troubles sur l'apprentissage du langage écrit.

REFERENCES

1. **Moroni C, Laurent B** Influence de la douleur sur la cognition. *Psychologie et Neuropsychiatrie du vieillissement*, 2006, 4, 21-30.
2. **Gauthier L, Dehaut F, Joannette Y** The Bells Test : A quantitative and qualitative test fo visual neglect. *International Journal of Clinical Neuropsychology*, 1989, 11, 49-54
3. **Mesmin C, Wallon P** Figures complexes de Rey A et B : guide d'utilisation et d'interprétation ; édition ECPA, 2011, <http://www.ecpa.fr>
4. **Pillon B, Dubois B, Bonnet AM, Esteguy M, Guimaraes J, Vigouret JM, Agid Y** Cognitive Slowing in Parkinson's disease fails to respond to levodopa treatment : The 15-objects tests. *Neurology*, 1989, 39, 762-768
5. **Tombaugh, T.N.** Trail Making Test A and B : Normative data stratified by age and éducation. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 2004, 19, 203-14.
6. Echelles de Mac Nair & Kahn 1984 — version française consensuelle du GRECO <http://www.sfls.aei.fr/formations/pdf/2009/Bdx-Neuro/Evaluation-Breve-Fonctions-Cognitives.pdf>
7. **Croisile B, Mollion H** Q-ACP : un questionnaire d'évaluation des plaintes visuelles et gestuelles des patients ayant une atrophie corticale postérieure. *Revue Neurologique*, 2011, 167, 485-494.
8. **Ball KK, Beard BL, Roenker DL, Miller RL, Griggs DS** Age and visual search : expanding the useful field of view. *J Opt Soc Am A*. 1988 Dec ; 5 (12) : 2210-2219.
9. **Ball K, Owsley C, Sloane ME, Roenker DL, Bruni JR** Visual attention problems as a predictor of vehicle crashes in older drivers. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1993 Oct ; 34 (11) : 3110-3123.
10. **Edwards JD, Vance DE, Wadley VG, Cisseli GM, Roenker DL, Ball KK** The reliability and validity of the Useful field of View Test as adminisitrated by personnal computer. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 2005, 27, 529-543.
11. **Chevignard MP, Taillefer C, Picq C, Poncet F, Noulhiane M, Pradat-Diehl P** Ecological assessment of the dysexecutive syndrome using execution of a cooking task. *Neuropsychol Rehabil*. 2008 Aug ; 18 (4) : 461-85.
12. **Shallice T, Burgess PW** Deficit in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain* 1991 ; 114 : 727-741.
13. **Le Thiec F, Jokic C, Enot-Joyeux F, Durand M, Lechevalier B, Eustache F.** Evaluation écologique des fonctions exécutives chez les traumatisés crâniens graves : pour une meilleur approche du handicap. *Ann Réadaptation Méd Phys* 1999 ; 42 : 1-18.

MISE EN SITUATION ÉCOLOGIQUE : LE RÔLE DE L'AUTO-ÉCOLE

B. BRUN, L. CHARNIER, M. SOULARD

III.1. L'activité « Handi conduite » de l'Ecole de Conduite Française ECF-handi — Insertion sociale et professionnelle par l'autonomie.

III.1.1. Préambule

Pour échapper à l'exclusion ou à la marginalisation, les personnes en situation de handicap doivent pouvoir accéder à une autonomie suffisante dans leur capacité de déplacement.

Le concept Handi-ECF (école de conduite spécialisée) consiste à leur donner en premier lieu la possibilité de se déplacer pour satisfaire les tâches et les gestes personnels quotidiens, et ensuite à leur donner les moyens nécessaires de se déplacer seules pour rejoindre plus facilement les milieux socio-économiques et les intégrer.

Dans cette perspective, le groupe ECF propose un dispositif modulaire qui consiste à prendre chaque personne selon un cursus individualisé, déterminé par l'évaluation des pré-requis (techniques et médicales), tenant compte de ses difficultés physiques, de ses motivations, de ses compétences et visant les objectifs généraux suivants :

Etre autonome dans ses déplacements.

Retrouver ou améliorer ses capacités de déplacement.

Elaborer un projet professionnel.

Suivre une formation professionnelle dans les métiers du transport et de la logistique compatibles avec sa pathologie.

III.1.2. Domaines d'intervention

Pour certains, il s'agira de se déplacer en tant que piéton, pour d'autres de conduire en toute sécurité un cycle, un cyclomoteur, une voiturette, une voiture avec ou sans aménagement.

Mais également de maîtriser pleinement l'utilisation d'un véhicule dans le cadre professionnel : voiture, poids lourd, remorque, chariots élévateurs...

Chaque module du parcours de formation, que ce soit « piéton », « véhicules »,... est caractérisé par une succession d'objectifs intermédiaires spécifiques, cohérents les uns par rapport aux autres et décrits en termes opérationnels.

Chaque séquence pédagogique fait nécessairement l'objet d'une évaluation validant les acquis.

III.1.3. Méthodes

L'enseignement personnalisé prend en compte l'aspect technique mais également le problème médical, social et comportemental de l'apprenant.

Les partenariats avec les équipes médicales, paramédicales (médecins, ergothérapeutes, kinésithérapeutes, assistantes sociales) et/ou avec les équipes éducatives représentent un facteur supplémentaire de réussite.

Il est donc important que l'école de conduite spécialisée ne réponde pas que sur un aspect technique mais prenne bien en compte l'environnement général de la personne en situation de handicap.

Il faut tenir compte de l'expérience de la personne en situation de handicap, des automatismes acquis antérieurement à la maladie ou l'accident le cas échéant. De plus, il faut tenir compte du contexte : profession, environnement, fatigabilité... Certaines personnes ont besoin de se déplacer que sur des trajets très courts, d'autres sur des trajets professionnels, et dans des conditions particulières : jour, nuit, environnement habituel ou pas....

Le parcours de formation est donc adapté à la situation et au besoin de chacun.

L'école de conduite participe étroitement à l'élaboration du projet de mobilité de la personne, c'est pourquoi l'ECF développe des outils spécifiques mais également des formations pour spécialiser les formateurs intervenant près du public en situation de handicap.

III.1.4. Outils spécifiques

Les Formateurs

Les formateurs ECF qui interviennent près du public handicapé suivent une formation spécifique : un stage théorique animé par des médecins, des ergothérapeutes, permet de mieux comprendre les conséquences du handicap sur le comportement et sur la mobilité.

un stage pratique près de formateurs confirmés pour aider dans le montage de parcours de formation, dans le choix d'aménagements de véhicules...

Des séminaires réguliers permettent d'échanger sur les évolutions réglementaires, les nouveautés techniques...

Le matériel

En fonction du parcours, l'ECF propose des véhicules adaptés :

- *Véhicules automatiques et aménagés pouvant être conduits par des personnes ayant un handicap d'un membre supérieur, d'un ou des deux membres supérieurs (Fig. 1).*
- *Stabilisateur pour vélos (Fig. 2)*
- *Voiturettes (Fig. 3)...*

Dans le domaine professionnel, l'ECF dispose également de matériel tel que des véhicules lourds, des chariots élévateurs de différentes catégories permettant des mises en situation ou des évaluations écologiques.

Moyens pédagogiques

Des méthodes et des programmes pédagogiques adaptés permettent d'orienter la personne en situation de handicap dans son parcours de mobilité. Quel que soit le moyen de déplacement : du piéton vers l'accès ou le maintien du permis de conduire, une évaluation effectuée en collaboration avec les équipes médicales ou éducatives détermine le parcours modulaire.

Puis la formation est progressive avec des évaluations intermédiaires suivant le rythme de l'apprenant.

Des outils ont été conçus spécifiquement comme support pédagogique :

- *Fiche d'évaluation adaptée*
- *Logiciel conçu pour les évaluations théoriques*
- *Logiciel de suivi pédagogique pour mesurer la progression de la formation*
- *Caméra vidéo*
- *Tapis de circulation (Fig. 5)*
- *Piste d'éducation routière privée (Fig. 6)*

III.2 L'activité « permis de conduire voiture handi »**III.2.1. Présentation**

Le mode de vie actuel rend l'autonomie de déplacement indispensable, tant au niveau social que professionnel. La conduite automobile représente un facteur supplémentaire d'autonomie, c'est un moyen de déplacement mais c'est également un moyen de communication, de participation à la vie sociale et professionnelle.

Les personnes porteuses de déficiences ou d'incapacités posent le problème de leur aptitude à la

conduite dont la compatibilité avec la conduite automobile doit être évaluée.

L'activité « conduite automobile » permet :

- Une évaluation de l'aptitude physique et cognitive.
- Un apprentissage à la conduite pour les personnes en situation de handicap (premier permis).
- La régularisation du permis pour les personnes déjà titulaires d'un permis de conduire.
- Une reprise de confiance pour certains patients suite à une maladie ou accident.
- Une évaluation des aménagements techniques si nécessaire.

Cette activité s'effectue en partenariat entre un centre de rééducation fonctionnelle ou un service spécialisé et l'école de conduite.

III.2.2. Rappel réglementaire

L'arrêté du 31 Août 2010 modifiant l'arrêté du 21 décembre 2005 fixe la liste des affections médicales incompatibles avec l'obtention ou le maintien du permis de conduire ou pouvant donner lieu à la délivrance de permis de conduire de durée de validité limitée.

Il est important de ne pas commencer la formation avant le passage devant la commission médicale, il est parfois conseillé de demander un bilan près d'un spécialiste (ophtalmologiste, neurologue, médecin de rééducation fonctionnelle,...). Ces examens préliminaires permettent de ne pas engager la personne dans un apprentissage qui n'aboutira pas.

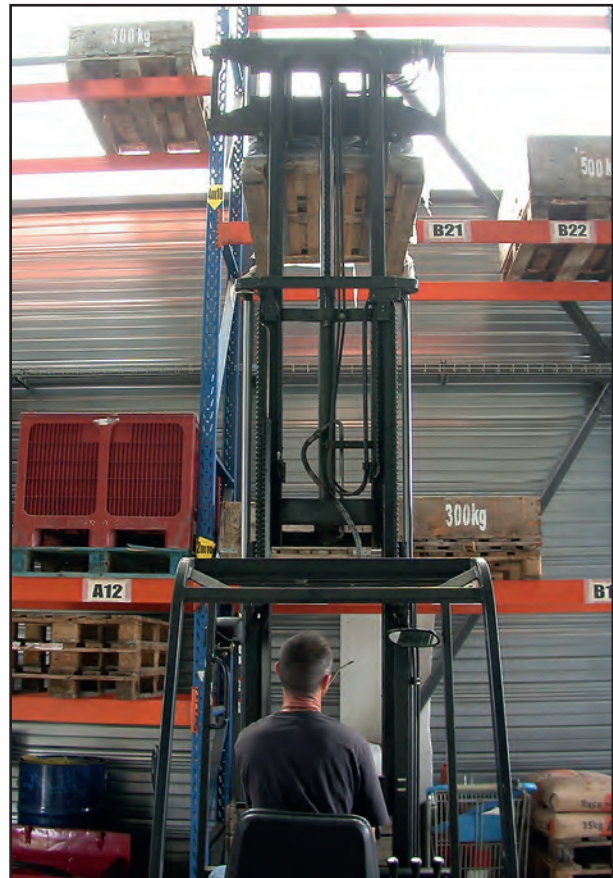
III.2.3. Démarches à effectuer**Parcours accès permis de conduire**

- Visite Médicale près de médecin agréé de la Préfecture en venant avec le formulaire imprimé CERFA en 3 exemplaires www.formulaires.modernisation.gouv.fr/gf/cerfa_14880_01.do
- Rendez-vous près du délégué pour définir les aménagements le cas échéant (surtout en cas de problèmes moteurs associés à une déficience visuelle)
- Évaluation de conduite près de l'école de conduite
- Formation théorique et pratique adaptées si nécessaire suivant la réglementation.
- Examen du permis de conduire.

Parcours régularisation du permis de conduire

- Visite Médicale près de médecin agréé de la Pré-

CHAPITRE III.3. MISE EN SITUATION ÉCOLOGIQUE : LE RÔLE DE L'AUTO-ÉCOLE



1	2
3	4a
4b	

Figure 1 : Véhicule automatique équipé de cercle accélérateur.

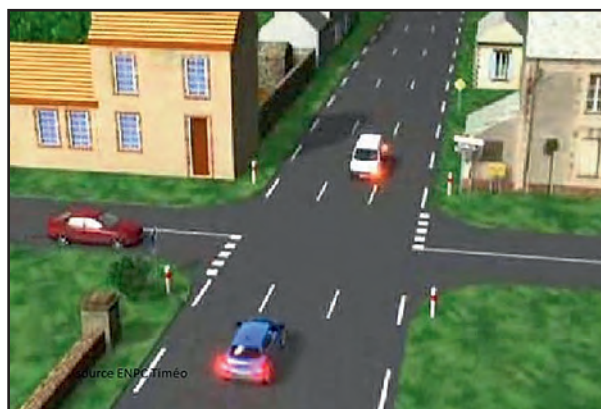
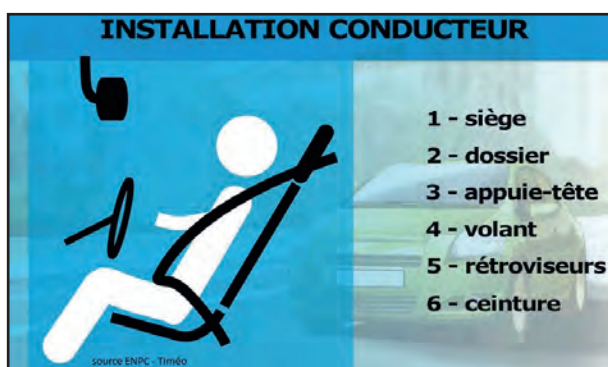
Figure 2 : Stabilisateur pour vélo.

Figure 3 : Voiturette à 2 places.

Figure 4 a : Chariot automoteur groupe 2.

Figure 4 b : Chariot automoteur groupe 3 avec un poste de conduite à 90° du déplacement.

CHAPITRE III.3. MISE EN SITUATION ÉCOLOGIQUE : LE RÔLE DE L'AUTO-ÉCOLE



5	6
7	8
9	10 11

Figure 5 : Tapis de circulation.

Figure 6 : Piste d'éducation routière privée.

Figure 7 : Installation au poste de conduite : les 6 points importants Images sources ENPC Timéo.

Figure 8 : Position sur la chaussée Images sources ENPC Timéo.

Figure 9 : Trouble cognitif et conduite sociale : Percevoir Images sources ENPC Timéo.

Figure 10 : Trouble cognitif et conduite sociale : Analyser Images sources ENPC Timéo.

Figure 11 : Trouble cognitif et conduite sociale : Réagir Images sources ENPC Timéo.

fecture en venant avec le formulaire imprimé CERFA en 3 exemplaires www.formulaires.modernisation.gouv.fr/gf/cerfa_14880_01.do

- Rendez-vous près du délégué pour définir les aménagements le cas échéant

Réglementairement, la suite du parcours peut se faire de façon individuelle ou avec l'accompagnement de l'école de conduite :

- Evaluation de conduite près de l'école de conduite

- Formation théorique et pratique adaptées si nécessaire

- Régularisation du permis de conduire près d'un inspecteur du permis de conduire.

Ces démarches sont indiquées suivant le cadre réglementaire mais il est possible d'effectuer une évaluation préalable de l'aptitude à la conduite près d'un centre de rééducation ou du service spécialisé.

III.3. Evaluation de l'aptitude à la conduite

III.3.1. Evaluation près d'un centre de rééducation ou service médical spécialisé

La notion de responsabilité amène les centres de rééducation et les médecins à définir les critères d'évaluation de l'aptitude à la conduite.

Elle consiste suivant les centres en :

- Evaluation par l'école de conduite spécialisée en situation réelle de conduite (parfois en présence de l'ergothérapeute) dans le but d'adapter le poste de conduite, les aménagements nécessaires mais également d'évaluer les conséquences des atteintes du patient (visuelles, physiques, neurologiques,...) sur sa capacité de conduite.

- Evaluation médicale.

- Evaluation complémentaire suivant la pathologie (ergothérapeute, neuropsychologique, bilan ophtalmologique, orthoptique,...)

A la suite de l'évaluation, une synthèse est réalisée par le médecin avec une conclusion sur la possibilité ou pas de conduite automobile.

Si le bilan médical indique une possibilité de conduite automobile, une information sur le cadre réglementaire, les possibilités de financement est transmise au patient, la conclusion peut être transmise au médecin agréé si celui-ci en fait la demande.

Si l'évaluation est négative, l'information est transmise au patient en essayant de lui trouver une solution alternative à sa mobilité.

III.3.2. Evaluation adaptée à la pathologie visuelle

Pour répondre à la problématique des patients présentant des pathologies visuelles pures ou des pathologies neuro-visuelles, le département handi de l'ECF de Nantes a élaboré une évaluation en collaboration avec le Centre d'Evaluation et de Rééducation Basse Vision de la Clinique Sourdille.

Pour ces patients, le bilan comporte un examen ophtalmologique, orthoptique, un champ visuel binoculaire, des tests de contraste, éblouissement vision crépusculaire, des tests de stratégie du regard sur des scènes de conduite, des questionnaires spécifiques et se termine par une **mise en situation d'au minimum une heure avec un formateur spécialisé de l'école de conduite** et formé aux différents types de déficiences visuelles.

Un outil d'évaluation spécifique :

Lors de l'évaluation de conduite, on évalue la perception, le traitement cognitif de l'information et de l'action.

L'évaluation s'effectue sur véhicule automatique pour éviter que l'attention du patient soit prise sur la partie « mécanique » de la conduite, afin qu'il ne gère que la partie « observation et analyse de l'environnement ».

Pour les patients non titulaires d'un permis de conduire préalable, il est préconisé une **pré-évaluation de 4/5 heures afin d'acquérir quelques notions de conduite**, ceci pour optimiser l'analyse de l'évaluation qui est centrée sur les éventuels troubles visuels et neuro-visuels.

Le début de l'évaluation commence par un historique de la conduite et des éventuels incidents/accidents.

Sont notés la profession, la date d'obtention et les types de permis obtenu, le type de véhicule utilisé, son utilisation (travail, loisirs), la fréquence d'utilisation, Nombre d'accidents dans les trois dernières années et les circonstances (de face, latéral, par l'arrière,...) le périmètre de circulation (ville, campagne, autoroute,...), le nombre de kilomètres annuels parcourus.

CHAPITRE III.3. MISE EN SITUATION ÉCOLOGIQUE : LE RÔLE DE L'AUTO-ÉCOLE

L'évaluation en auto-école comporte cinq parties. Chaque étape a des critères notés de 0 à 3 :

0 : aucune autonomie.

1 : Très difficile - intervention du formateur lors d'une ou plusieurs situations présentant un danger ou une mise en danger (verbale ou en agissant sur les commandes).

2 : Quelques difficultés - précisions verbales données par le formateur sur la même erreur (=3) ne présentant pas de danger pour le conducteur et son environnement.

3 : Bon – Bonne aptitude à la conduite.

1ère partie de l'évaluation : l'activité sensori-motrice

Le formateur vérifiera l'installation au poste de conduite, en effet une installation inadaptée (trop prêt du volant) peut être révélatrice d'une altération visuelle.

Il évaluera également les capacités du patient à répondre à l'environnement, réponse motrice et son

adaptation : freinage excessif, coup de volant brutal, multitâches....

Dans les atteintes du système nerveux central, périphérique et dans les atteintes du système musculo squelettique, la réponse motrice peut être altérée (**Fig. 7**).

2ème partie de l'évaluation : Utilisation/Position sur la chaussée

Le formateur vérifiera le placement sur la chaussée, celui-ci peut révéler un problème visuel, par exemple dans le cas d'une hémiparésie, le patient aura tendance à rouler trop à gauche ou trop à droite. Ce placement peut être modifié suivant la vitesse du véhicule.

Pour cette partie d'évaluation, le formateur choisira des exercices de tourne à droite et tourne à gauche, travail sur différents points, voies de stockage et chaussées à sens unique.

Contrôle également du maintien de trajectoire, celui-ci pouvant être révélateur d'une altération visuelle (**Fig. 8**).

	0	1	2	3	Commentaires
1- Activités sensori-motrices					
Installation					
Trop loin du volant					
Trop près du volant					
Dos décollé du dossier					
Manipulation technique					
Dosage accélérateur					
Dosage frein					
Manipulation du volant					
Manipulation de la boîte de vitesses					
Utilisation des accessoires					
Multi tâches					
SOUS TOTAL RUBRIQUE 1					

Tableau 1 : Recueil des données : activité sensori-motrice.

CHAPITRE III.3. MISE EN SITUATION ÉCOLOGIQUE : LE RÔLE DE L'AUTO-ÉCOLE

	0	1	2	3	Commentaires
Placement sur la chaussée					
Maintien de la trajectoire					
SOUS TOTAL RUBRIQUE 2					

Tableau 2 : Recueil des données : Utilisation/Position sur la chaussée.

3^{ème} partie de l'évaluation : Trouble cognitif et conduite sociale

Sur l'ensemble de cette partie, le formateur utilisera la conduite commentée : le patient dit ce qu'il voit, ce qu'il observe, cela permet de contrôler son analyse, sa vue : distance à laquelle il voit ou interprète les panneaux...

On teste l'allure en et hors agglomération, on observe que certains patients ont une allure anormalement basse due à une compensation du problème visuel, à l'inverse certains ont une allure excessive ou non adaptée lorsque le problème visuel est associé à une maladie neurologique.

	0	1	2	3	Commentaires
3- Troubles cognitifs et conduite sociale					
Allure					
En agglomération					
Hors agglomération					
Anticipation					
Appréciation des distances/vitesses					
Distances de sécurité					
Actions tardives					
Respect des autres usagers					
Respect de la signalisation					
SOUS TOTAL RUBRIQUE 3					

Tableau 3 : Recueil des données : Trouble cognitif et conduite sociale.

CHAPITRE III.3. MISE EN SITUATION ÉCOLOGIQUE : LE RÔLE DE L'AUTO-ÉCOLE

	0	1	2	3	Commentaires
4- Activités visuelles/contrôles					
Mobilité du regard					
Espaces latéraux					
Contrôles périphériques					
Gauche					
Droit					
Regard proche					
Mobile					
Fixe					
Angle mort					
Compensation					
SOUS TOTAL RUBRIQUE 4					

Tableau 4 : Recueil des données : Activité visuelle/Contrôle.

L'anticipation, est contrôlée dans des zones à circulation dense avec feux, piétons... elle peut être tardive ou quasi inexistante.

L'appréciation des distances et des vitesses peut être révélatrice d'un problème de champ visuel mais également d'acuité visuelle, elle est testée sur voies d'insertion, giratoires, stop...(Fig. 9, 10, 11)

4ème partie de l'évaluation : Activité visuelle/Contrôle

Le formateur contrôle la mobilité du regard : balayage des intersections, respect des règles de priorité. La circulation dans des rues étroites permet de vérifier les espaces latéraux, le respect du gabarit...

Il vérifie l'utilisation des rétroviseurs par le patient, ce qu'il perçoit en contrôle direct et indirect.

La position du regard : proche, lointain, fixe ou mobile sera évalué à l'aide de la conduite commentée.

Le formateur vérifie si une méthode de compensation du handicap est mise en place : certains patients peuvent compenser l'oblitération d'une partie de leur champ visuel par un balayage continu

des yeux et de la tête, dans le cas contraire, une rééducation orthoptique peut être mise en place par un service « basse vision », ou des séances de réadaptation à la conduite en école de conduite spécialisée.



Figure 12 : Activité visuelle/Contrôle : les angles morts en rouge. L'angle de champ visuel d'un conducteur normal est de 180°, sur ce schéma, il n'y a pas d'angle mort vers l'avant Images sources ENPC Timéo.

5ème partie de l'évaluation : Activité visuelle/Analyses

La première phase consiste à vérifier l'observation de l'environnement, la recherche d'indices formels et informels ainsi que l'acquisition d'information,

CHAPITRE III.3. MISE EN SITUATION ÉCOLOGIQUE : LE RÔLE DE L'AUTO-ÉCOLE

	0	1	2	3	Commentaires
5- Activités visuelles/Analyses					
Observation de l'environnement					
Acquisition de l'information					
Notions directionnelles					
Suivre un itinéraire					
SOUS TOTAL RUBRIQUE 5					

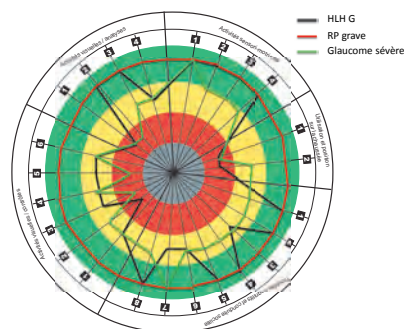
Tableau 5 : Recueil des données : Activité visuelle/Analyses.

on choisit un secteur avec circulation dense.
La deuxième phase est basée sur une conduite plus autonome, le patient doit être capable de suivre un itinéraire, dans un premier temps avec indications direction droite/gauche puis en totale autonomie.

**Figure 13** : Activité visuelle/Analyses Images sources ENPC Timéo.**Synthèse de l'évaluation : 3 exemples cliniques**

Une synthèse des cinq parties de l'évaluation se présente sous la forme d'un « radar » (**Fig. 14**)

La mise en situation en auto-école spécialisée (trait noir dans **Fig. 14**) retrouve une réelle négligence du côté gauche avec des oublis de contrôles, son véhicule se déporte vers la gauche de façon dangereuse. **AUCUNE COMPENSATION = INAPTE**

Les paramètres nécessaires sont manquants ou erronés.**Figure 14** : Synthèse des cinq parties de l'évaluation se présente sous la forme d'un « radar » avec 3 exemples pathologiques : HLH G (**Fig. 15**), Rétinopathie pigmentaire grave (**Fig. 16**), Glaucome évolué (**Fig. 17**).

La mise en situation en auto-école spécialisée (trait rouge dans **Fig. 14**), retrouve sur circuit difficile comportant des ronds-points, des panneaux indicateurs, la gestion des tramways, des descentes et traversées de piétons, une conduite bonne et en toute sécurité. Il compense de façon excellente son déficit visuel périphérique et central.

Deux ans plus tard, son CV et son acuité visuelle se sont dégradés, le patient a stoppé toute conduite, a obtenu une carte d'invalidité auprès de la MDPH et un reclassement professionnel (poste ne nécessitant pas de déplacement).

Les paramètres nécessaires sont manquants ou erronés.

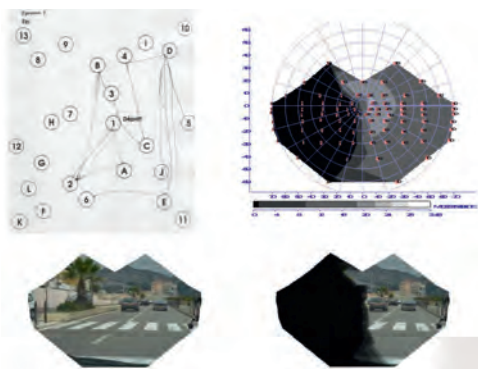


Figure 15 : Patient cérébrolésé de 66 ans (hématome pariéto-temporo-occipital D à 65 ans) avec hémiplégie **G** + **HLH G** + **hémignégligence G** avec un TMT anormal, acuité OD OG 10/10 P2 avec des difficultés liées au retour à la ligne.

Les paramètres nécessaires sont manquants ou erronés.

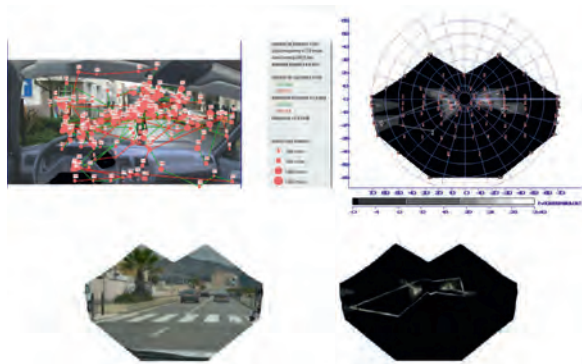


Figure 16 : Homme de 40 ans atteint de RP (ERG plat) diagnostiquée à 30 ans avec une acuité OD de 5/10, OG de 3/10, un CV tubulaire et un petit reste de champ visuel périphérique en inférieur du côté droit et du côté gauche qui continue de conduire 15 000 Km par an en grande partie pour son travail. Aucun dossier MDPH n'a été constitué par le patient.

A l'issue de la mise en situation de conduite, une synthèse est effectuée entre le formateur, l'orthoptiste et l'ophtalmologiste, avec le retour de l'ensemble des tests visuels.

Si le bilan est positif (auto-école, examens complémentaires, examen orthoptique, examen ophtalmologique), le patient effectue les démarches pour **obtenir une dérogation** près du service des méde-

Les paramètres nécessaires sont manquants ou erronés.

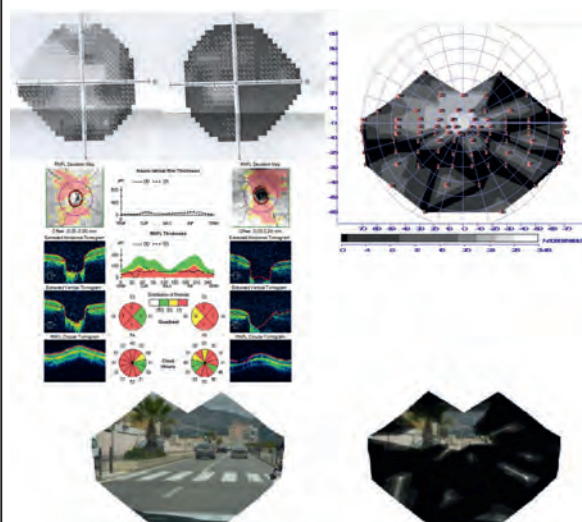


Figure 17 : Homme de 21 ans atteint d'un glaucome congénital type Axenfeld déjà opéré, sous bithérapie collyre pour le glaucome, avec une acuité de 8/10 OD et 6/10 OG. Les papilles sont très excavées à 0,8, le champ visuel monoculaire nettement altéré à D et très altéré à G.

Le patient a déjà fait 20h d'auto-école non spécialisée. La mise en situation en auto-école spécialisée (trait vert dans **Fig. 14**), s'est déroulée en deux parties :
- première partie le patient a les commandes (voiture automatique, accélérateur et frein) : le véhicule est maîtrisé moyennement, l'observation de la signalisation, des intersections, le placement sur la chaussée étaient médiocres.

- deuxième partie le formateur spécialisé a les commandes. La deuxième partie, l'observation était un peu plus lointaine mais dispersée. Les trajectoires étaient moins précises, des coups de volant injustifiés.

Le manque d'observation et les problèmes de champ visuel rendent difficile la conduite du véhicule.

Le formateur préconise une formation à la conduite plus suivie (prévoir de nombreuses heures) avec un véhicule automatique, et de refaire un bilan au bout de 30h d'auto-école.

cins agréés de la Préfecture, seules habilités à l'autorisation de reprise de conduite ou de démarche de permis de conduire.

Si le bilan est négatif, une solution alternative à sa mobilité est proposée : exemple la voiturette qui permet parfois de palier la recherche d'information liée à un déplacement moins rapide, étude de déplacement en transport en commun...

Si le bilan est mitigé avec une discordance entre les résultats de certains examens complémentaires et la mise en situation en auto-école, une nouvelle évaluation complète est proposée 6 mois plus tard. L'équipe médicale peut conseiller une poursuite de rééducation, une intervention chirurgicale, un réentraînement en école de conduite avec une nouvelle évaluation au bout de quelques mois. Dans tous les cas, elle proposera de constituer un dossier de reconnaissance du handicap visuel auprès de la MDPH du département.

Site internet

- ENPC Timéo www.enpcditions.fr
- http://www.handroit.com/permis_conduire.htm
- fiche pratique N°28 : Permis de conduire et handicap <http://www.apajh.org>
- Des auto-écoles spécialisées :
 - ceremh.org/cen-mobilite/automobile-handicap/permis-de-conduire/auto-ecoles-et-handicap/
 - www.ecf.asso.fr/Formation-permis/Voiture/Hand-conduite
 - www.cer.asso.fr

REFERENCES

1. Akinwuntan AE, De Weerd W, Feys H, Baten G, Arno P, Kiekens C. The Validity of a Road Test After Stroke. *Arch Phys Med Rehabil* Vol 86, March 2005, 421-426
2. Devos H, Akinwuntan AE, Nieuwboer A, Truijten S, Tant M, De Weerd W. Screening for fitness to drive after stroke : a systematic review and meta-analysis. *Neurology*. 2011 Feb 22 ; 76 (8) : 747-756

Le Groupe ECF

Depuis plus de 40 ans, le Groupe ECF s'est imposé comme leader européen dans les domaines de l'éducation et de la formation à la conduite et à la sécurité. Il participe aux divers groupes de travail mis en œuvre par le gouvernement pour améliorer la sécurité routière et siège auprès des instances professionnelles françaises et européennes.

Le Groupe ECF intervient à tous les âges de la vie de l'usager de la rue, quelles que soient ses caractéristiques propres, ou les raisons de son déplacement (usage privé ou professionnel, conducteur ou passager, piéton ou utilisateur d'un véhicule).

Aujourd'hui l'association ECF rassemble un réseau d'entreprises de 1 180 agences et points relais ECF et 72 sites de formation professionnelle, l'ensemble formant le Groupe ECF (4000 personnes, dont 3000 enseignants, 3500 véhicules).

Ce développement s'est accompagné de la volonté d'assurer également l'ensemble des missions de formations auprès des publics fragilisés par un handicap, qu'il soit physique, mental ou social.

ECF a ainsi développé ses propres concepts et moyens pédagogiques et défend le continuum éducatif (sensibiliser, éduquer et former les conducteurs tout au long de leur vie).

L'INTÉRÊT DES SIMULATEURS DE CONDUITE AUTOMOBILE

W. DAVELUY, A. DUHAMEL

IV.1. Equipements existants et utilisation courante

IV.1.1. Caractéristiques techniques

Les simulateurs de conduite sont utilisés depuis plus de quarante ans très largement pour la recherche et le développement : dans le domaine de la sécurité routière et de la conception automobile (véhicules, systèmes d'aide à la conduite), la conception de l'environnement routier ainsi que pour l'étude du comportement du conducteur et sa perception de l'environnement. Ils sont utilisés pour l'apprentissage de la conduite mais aussi désormais pour l'évaluation individuelle de déficits, en particulier dans les services de réadaptation. Un simulateur de conduite correspond à un simulateur de véhicule dans lequel l'environnement routier est restitué de manière virtuelle. Il correspond donc à l'adjonction de plusieurs éléments : un système mécanique, un système de restitution visuelle et un logiciel en interface. Concernant le système mécanique, les simulateurs peuvent avoir une base fixe (simulateur « statique ») ou une base mobile (simulateur « dynamique ») avec restitution du mouvement permettant les perceptions kinesthésiques. Le simulateur peut être soit un poste de conduite simple (**Fig. 1**) ou bien être constitué d'un véhicule complet (**Fig. 2**). Dans certaines études expérimentales, il est utilisé de plus des capteurs supplémentaires d'étude du comportement du conducteur, en particulier de mesures d'oculométrie (« Eye tracker ») (**Fig. 3**), mais ces techniques ne sont pas utilisées couramment pour l'évaluation du patient au quotidien.

IV.1.2. Environnement virtuel et Restitution visuelle

La restitution visuelle se fait par des images sur un ou trois écrans de tailles variables, soit en projection vidéo soit sur écran LCD (voire même un casque de visualisation stéréoscopique mais peu ou pas utilisé en pratique courante). La restitution visuelle est gérée par un module du logiciel de simulation. La résolution est en général de 1024x768 pixels ou 1280x1024 avec des vitesses de rafraîchissement de 50 à 60 Hz. Les images sont affichées avec des textures différentes permettant la

vision en profondeur pour la perception des distances et des volumes. Les rétroviseurs sont soit ceux du véhicule, soit sur écran LCD. La perception du mouvement va donc se faire uniquement par l'image sur les simulateurs à base fixe.

IV.1.3. Variabilités et difficultés de passation

Certaines personnes ressentent des symptômes de malaise sur simulateur, semblables à ceux du mal des transports. Certains facteurs favorisants ont été mis en évidence : les paramètres visuels (vitesse de rafraîchissement, type de scénarios, durée de passation), un âge élevé, le sexe féminin [1, 2]. Le délai doit être court entre l'action motrice et la perception de son impact sur l'écran. Plusieurs théories existent au niveau physiopathologie (conflit sensoriel). L'âge avancé peut aussi être à l'origine de difficulté importante d'adaptation au simulateur du fait de l'environnement virtuel.

IV.2. Paramètres d'évaluations

IV.2.1. Variables quantitatives et tests analytiques

Certains logiciels des simulateurs utilisés en évaluation individuelle, ont un module dénommé « Evaluation des capacités visuelles » permettant des tests quantitatifs. Ils comportèrent des tests de reconnaissance des couleurs, de perception des formes, ne nécessitant qu'un champ de vision réduit, ainsi qu'un test de champ visuel (**Fig. 4**). Ces tests ne correspondent par contre pas aux tests d'évaluation classiques. Par exemple, la répartition spatiale et temporelle des stimuli du champ visuel est inhomogène ne permettant pas une interprétation valable en termes d'aptitude. D'autres tests sont disponibles comme des tests de temps de réaction (**Fig. 5**). L'essentiel de l'évaluation des capacités visuelles sur simulateur de conduite se fait donc en situation de conduite.

IV.2.2. Situations de conduite et scénarios

Un scénario est une activité de conduite prédéterminée au cours de laquelle plusieurs paramètres vont pouvoir être contrôlés : le parcours (rural ou urbain, route ou autoroute), les conditions de conduite (conditions climatiques avec intensité variable de pluie ou brouillard, trafic routier, jour

CHAPITRE III.4. L'INTÉRÊT DES SIMULATEURS DE CONDUITE AUTOMOBILE



1	2	3
4		
5		

Figure 1 : Poste de conduite simple type simulateur statique Ex. ECA FAROS.

Figure 2 : Véhicule complet avec simulateur « dynamique » Ex. SHERPA du LAMIH — Valenciennes.

Figure 3 : Simulateur équipé d'eye tracker.

Ex. simulateur Valeo 2002.

Figure 4 : Test de champ visuel (simulateur ECO FAROS).

Figure 5 : Test de temps de réaction analytique, hors situation de conduite (simulateur ECO FAROS).

ou nuit) et certains d'événements (piéton, animal, autre véhicule,...) avec une survenue contrôlée au niveau temporel et spatial (latéralité). Le conducteur va donc suivre différents scénarios de conduite selon une ou plusieurs consignes (suivi d'un itinéraire, vitesse à maintenir, etc...). En situation de conduite, les paramètres évalués sont pour l'essentiel qualitatifs : position sur la chaussée et maintien de trajectoire, adaptation de la vitesse de conduite, freinage, comportement, comme va le faire un moniteur en auto-école. Un avantage substantiel est la possibilité de simuler des tâches et scénarios qui seraient impraticables car dangereux en situation réelle car vont créer des collisions ou accidents en présence de certains déficits. Le simulateur de conduite est donc un outil précieux pour évaluer le comportement visuel et l'exploration visuospatiale [3, 4, 5]. L'adjonction de l'oculométrie apporte des informations supplémentaires [6, 7]

IV.3. Interprétation et Validité des évaluations

IV.3.1. Corrélations aux performances en situation réelle

De nombreuses études ont été réalisées sur simulateur surtout chez le « sujet sain » dans le cadre de la prévention routière mais aussi dans le cas de pathologies. Il apparaît comme un outil fiable et pertinent de l'évaluation des aptitudes, en particulier perceptivo-motrices, ainsi que moins coûteux que des évaluations en situation réelle [3, 8]. En recherche et développement, ils sont utilisés pour étudier la perception visuelle de l'environnement routier [9, 10, 11] ou des systèmes embarqués [12, 13]. La plupart des études, même si les paramètres étudiés ou l'environnement de conduite étaient parfois très spécifiques, ont mis en évidence de bonnes corrélations entre évaluation sur simulateur et évaluation sur route [13, 14, 15, 16, 17, 18]. Il a été parfois mis en évidence quelques petites différences [19]. Peu de données sont disponibles sur la reproductibilité [20]. Il a pu être observé un transfert sur route d'un ré-entraînement de l'exploration visuelle sur simulateur [21].

Les simulateurs ont permis d'étudier les stratégies d'exploration visuelle selon l'environnement de conduite : conditions de visibilité [11, 17, 22], complexité [23] ou selon le conducteur : âge [6], conducteur novice ou expérimenté [8, 17, 24] conduite en présence de distracteurs [23]. Ces

études ont montré par exemple le gain obtenu avec l'expérience de conduite qui permet une exploration visuo-spatiale plus efficace d'un risque potentiel dans l'environnement de conduite.

IV.3.2. Facteurs prédictifs de l'impact des troubles visuels sur la conduite

Il n'y a pas de revue de la littérature spécifique sur l'utilisation des simulateurs de conduite dans les troubles visuels, ou bien celle-ci est limitée [25]. Szlyk et coll ont publié plusieurs travaux sur l'évaluation sur simulateur de pathologies essentiellement rétinienne [26, 27, 28, 29] mais les évaluations étaient parfois très courtes [26]. Leur étude sur la rétinopathie diabétique retrouvait des corrélations entre l'atteinte rétinienne et les capacités de conduite [28]. Ils retrouvaient aussi une corrélation entre la mesure du champ visuel au Goldmann dans le glaucome et le risque d'accident lors d'essai sur simulateur mais pas avec les mesures de l'acuité visuelle ni du contraste [29]. La vision monoculaire a aussi été étudiée sur simulateur mais de manière expérimentale avec occlusion [30].

Afin de pouvoir affiner le caractère prédictif, il apparaît utile d'étudier les stratégies de compensation et de pouvoir l'inclure dans un modèle tel que l'a fait Coeckelberg et coll [3]. Leur étude portait sur des sujets avec différents types de défauts de vision. Le modèle incluait des mesures analytiques classiques de la vision, le champ visuel attentionnel, et le comportement visuel sur simulateur avec une corrélation de la distance à partir de laquelle le sujet intensifiait les mouvements oculaires et céphaliques à l'approche d'une intersection.

IV.3.3. Anomalies du champ visuel

La plupart des études se sont attachées aux anomalies du champ visuel, en particulier périphérique. Plusieurs ont porté sur les pathologies rétrochiasmiques [5, 7, 31, 32, 33, 34]. Les simulateurs de conduite ont logiquement leur place dans l'évaluation, sachant que le champ visuel utile ou attentionnel apparaît comme un indicateur prédictif reconnu du risque d'accident. Plusieurs auteurs ont mis en évidence l'intérêt d'avoir des cibles réelles dans l'étude de l'exploration visuospatiale lorsque l'on est en situation de « laboratoire » [5, 31, 34, 35]. L'évaluation sur simulateur a permis d'objectiver des modifications du champ visuel utile selon l'âge, la vitesse du véhicule, la durée de la conduite sur une tâche monotone [35, 36]. Une étude récente s'est

CHAPITRE III.4. L'INTÉRÊT DES SIMULATEURS DE CONDUITE AUTOMOBILE



6	7
8	
9	

Figure 6 : Scène de jour avec mise en danger (ECO FAROS).

Figure 7 : Scène de nuit et par temps de pluie (ECO FAROS).

Figure 8 : Environnement complexe (exemple d'une scène complète ECO FAROS).

Figure 9 : Simulateur de véhicule poids lourd (Eco Faros).

intéressée à l'impact sur la conduite évaluée sur simulateur des anomalies dans le champ visuel central [37].

Le champ de vision horizontal maximal sur les écrans va être un élément important de l'évaluation et un champ d'au moins 120° apparaît nécessaire [38] ; d'autant plus que cela correspond au champ horizontal réglementaire en Europe et en France pour la conduite de véhicule terrestre type véhicule léger. Très peu de simulateurs atteignent les 160° horizontaux, norme réglementaire européenne pour les permis « véhicule lourd » (**Fig. 9**). Il apparaît surtout très important de pouvoir utiliser et développer certains scénarios en fonction des objectifs d'évaluation [5].

IV.3.4. Troubles oculomoteur

Pour ce qui est des déficits oculomoteurs, il n'y a pas eu d'étude de l'impact sur simulateur mais par contre plusieurs études ont analysé plus spécifiquement les mouvements oculaires lors de la conduite sur simulateur [7, 39, 40]. Ce type de trouble, compte tenu de tous les éléments recueillis dans les autres troubles visuels, peut bénéficier d'une évaluation sur simulateur pour juger de l'exploration visuelle et des stratégies de compensation.

Comme pour les troubles du champ visuel, il pourra être tiré bénéfice dans l'avenir de l'adjonction de l'oculométrie au simulateur dans l'évaluation individuelle, afin de pouvoir juger des capacités de compensation dans l'exploration.

Liens :

<http://youtube.com/watch?feature=related&v=ZS0t7A-BQ1o>

http://www.jove.com/video/4427/driving-simulation-clinic-testing-visual-exploratory-behavior-daily#ask_the_author [7].

Liste non exhaustive de fabricants de simulateur de conduite et Eye tracker :

ECA Faros : <http://www.ecafaros.com/index-fr.htm>

Oktal : <http://www.oktal.fr/index.php?Page=Auto-Formation>

Pertech : <http://www.pertech.fr>

TEA : http://www.teaergo.com/index.php?option=com_content&view=article&id=167&Itemid=252&lang=fr
SMI <http://www.smivision.com>

REFERENCES

1. **Brooks JO, Goodenough RR, Crisler MC, Klein ND, Alley RL, Koon B.** Simulator sickness during driving simulation studies. *Accid. Anal. Prev.* 2010 ; 42 : 788 – 796.
2. **Classen S, Bewernitz M, Shechtman O.** Driving simulator sickness : an evidence-based review of the literature. *Am J Occup Ther.* 2011 ; 65 : 179-188.
3. **Coeckelbergh TR, Brouwer WH, Cornelissen FW, Van Wolffelaar P, Kooijman AC.** The effect of visual field defects on driving performance : a driving simulator study. *Arch Ophthalmol.* 2002 Nov ; 120 : 1509-1516.
4. **Rogé J, Pébayle T, Campagne A, Muzet A.** Useful visual field reduction as a function of age and risk of accident in simulated car driving. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2005 May ; 46 : 1774-1779.
5. **Peli E., Bowers AR, Mandel AJ, Higgins K, Goldstein RB, Bobrow L** Design for Simulator Performance Evaluations of Driving with Vision Impairments and Visual Aids. *Transportation Research Board of the National Academies, Washington, 2005, pp. 128 – 135.*
6. **Pradhan AK, Hammel KR, DeRamus R, Pollatsek A, Noyce DA, Fisher DL.** Using eye movements to evaluate effects of driver age on risk perception in a driving simulator. *Hum Factors* 2005 ; 47 : 840-52.
7. **Hamel J, Kraft A, Ohl S, De Beukelaer S, Audebert HJ, Brandt SA.** Driving simulation in the clinic : testing visual exploratory behavior in daily life activities in patients with visual field defects. *J Vis Exp.* 2012 ; 18 : e4427.
8. **Chan E, Pradhan AK, Pollatsek A, Knodler MA, Fisher DL** Are Driving Simulators Effective Tools for Evaluating Novice Drivers' Hazard Anticipation, Speed Management, and Attention Maintenance Skills. *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav.* 2010 ; 13 : 343-353.
9. **Rosey F, Auberlet JM, Bertrand J, Plainchault P** Impact of perceptual treatments on lateral control during driving on crest vertical curves : a driving simulator study. *Accid Anal Prev.* 2008 ; 40 : 1513-1523
10. **Auberlet JM, Pacaux MP, Anceaux F, Plainchault P, Rosey F** The impact of perceptual treatments on lateral control: a study using fixed-base and motion-base driving simulators. *Accid Anal Prev.* 2010 ; 12 : 166-173.
11. **Kircher K, Ahlstrom C** The impact of tunnel design and lighting on the performance of attentive and visually distracted drivers. *Accid Anal Prev.* 2012 Jul ; 47 : 153-161.
12. **Merat N, Anttila V, Luoma J** Comparing the driving performance of average and older drivers : The effect of surrogate in-vehicle information systems. *Transport. Res.* 2005 ; 8 : 147 – 166.

13. Wang Y, Mehler B, Reimer B, Lammers V, D'Ambrosio LA, Coughlin JF The validity of driving simulation for assessing differences between in-vehicle informational interfaces : A comparison with field testing. *Ergonomics*. 2010 ; 53 : 404-420.
14. Lee HC, Cameron D, Lee AH Assessing the driving performance of older adult drivers : on-road versus simulated driving. *Accid Anal Prev*. 2003 ; 35 : 797-803.
15. De Winter JC, de Groot S, Mulder M, Wieringa PA, Dankelman J, Mulder JA. Relationships between driving simulator performance and driving test results. *Ergonomics*. 2009 ; 52 : 137-153.
16. Shechtman O, Classen S, Awadzi K, Mann W Comparison of driving errors between on-the-road and simulated driving assessment: a validation study. *Traffic Inj Prev*. 2009 ; 10 : 379-385.
17. Konstantopoulos P, Chapman P, Crundall D. Driver's visual attention as a function of driving experience and visibility. Using a driving simulator to explore drivers' eye movements in day, night and rain driving. *Accid Anal Prev*. 2010 ; 42 : 827-834.
18. Mayhew DR, Simpson HM, Wood KM, Lonero L, Clinton KM, Johnson AG On-road and simulated driving: concurrent and discriminant validation. *J Safety Res*. 2011;42:267-275.
19. Stinchcombe A., Gagnon S., Zhang J.J., Montembeault P., Bedard M Fluctuating Attentional Demand in a Simulated Driving Assessment : The Roles of Age and Driving Complexity. *Traffic Inj Prev* 2011;12:576-587.
20. Bédard MB, Parkkari M, Weaver B, Riendeau J, Dahlquist M Assessment of driving performance using a simulator protocol : validity and reproducibility. *Am J Occup Ther*. 2010;64:336-340.
21. Lavalliere M, Simoneau M, Tremblay M, Laurendeau D, Teasdale N Active training and driving-specific feedback improve older drivers' visual search prior to lane changes. *BMC Geriatr*. 2012;12:5.
22. Ni R, Kang JJ, Andersen GJ Age-related declines in car following performance under simulated fog conditions. *Accid Anal Prev*. 2010;42:818-826.
23. Horberry T, Anderson J, Regan MA, Triggs TJ, Brown J Driver distraction: The effects of concurrent in-vehicle tasks, road environment complexity and age on driving performance. *Accid. Anal. Rev*. 2006;38:185-191.
24. Garay-Vega L, Fisher DL, Pollatsek A Hazard anticipation of novice and experienced drivers – Empirical evaluation on a driving simulator in daytime and nighttime conditions. *Transport. Res. Rec*. 2007;2009:1-7.
25. Andysz A, Merecz D. Visual abilities of older drivers—review of driving simulator studies. *Med Pr*. 2012;63:677-687.
26. Szlyk JP, Alexander KR, Severing K, Fishman GA. Assessment of driving performance in patients with retinitis pigmentosa. *Arch Ophthalmol*. 1992;110:1709-1713.
27. Szlyk JP, Taglia DP, Paliga J, Edward DP, Wilensky J T. Driving performance in patients with mild to moderate glaucomatous clinical vision changes. *J Rehabil Res Dev*. 2002;39:467-482.
28. Szlyk JP, Mahler CL, Seiple W, Vajaranant TS, Blair NP, Shahidi M. Relationship of retinal structural and clinical vision parameters to driving performance of diabetic retinopathy patients. *J Rehabil Res Dev*. 2004;41:347-358.
29. Szlyk JP, Mahler CL, Seiple W, Edward DP, Wilensky JT Driving performance of glaucoma patients correlates with peripheral visual field loss. *J Glaucoma*. 2005;14:145-150.
30. Gupta B, Paliga J, Laderman DJ, Szlyk JP. The effect of occlusive patching on visually-directed tasks. *J AAPOS*, 2005 ;9:485-492.
31. Lövsund P, Hedin A, Törnros J Effects on driving performance of visual field defects: a driving simulator study. *Accid Anal Prev*. 1991;23:331-342.
32. Szlyk JP, Brigell M, Seiple W Effects of age and hemianopic visual field loss on driving. *Optom Vis Sci*. 1993;70:1031-1037.
33. Bowers AR, Mandel AJ, Goldstein RB, Peli E Driving with hemianopia, II : lane position and steering in a driving simulator. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010;51:6605-6613.
34. Bowers AR, Mandel AJ, Goldstein RB, Peli E Driving with hemianopia, I: Detection performance in a driving simulator. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009;50:5137-5147
35. Rogé J, Pébayle T, Lambilliotte E, Spitzenstetter F, Giselsbrecht D, Muzet A Influence of age, speed and duration of monotonous driving task in traffic on the driver's useful visual field. *Vision Res*. 2004;44:2737-2744.
36. Rogé J, Pébayle T, El Hannachi S, Muzet A Effect of sleep deprivation and driving duration on the useful visual field in younger and older subjects during simulator driving. *Vis. Res*. 2003;43:1465-1472.
37. Bronstad PM, Bowers AR, Albu A, Goldstein R, Peli E Driving with central field loss I : effect of central scotoma on responses to hazards. *JAMA Ophthalmol*. 2013;131:303-309.
38. Kemeny A, Panerai F Evaluating perception in driving simulation experiments. *Trends Cogn Sci*. 2003;7:31-37
39. Campagne A, Pebayle T, Muzet A. Oculomotor changes due to road events during prolonged monotonous simulated driving. *Biol Psychol*. 2005;68:353-368.
40. Pollatsek A, Naravanaan V, Pradhan ,Fisher DL Using eye movements to evaluate a PC-based risk awareness and perception training program on a driving simulator. *Hum Factors*. 2006;48:4474-64.

QUEL BILAN D'APTITUDE DEVANT UNE ATTEINTE DE LA VISION CENTRALE

X. ZANLONGHI, A. MELUSSON

V.1. Les différentes atteintes du champ visuel central

Une atteinte de la vision centrale entraîne un déficit voire une absence de la totalité ou d'une partie de la perception des détails fins, de la vision fine, des couleurs, des contrastes, des reliefs en condition photopique. Une atteinte du champ visuel central ne s'accompagne pas toujours d'une baisse de l'acuité visuelle de loin ou de près. Il faudra rechercher des signes orientant vers un scotome para-central touchant l'axe de visée (fovéa). Les principales gênes décrites par les patients concernent la lecture, puis dans les atteintes plus avancées, la mauvaise ou la non-reconnaissance des visages dans la rue et surtout les fluctuations en fonction de l'éclairage.

Pour bien apprécier le retentissement fonctionnel de scotomes centraux, il faut réaliser un **champ binoculaire** et un **champ visuel central monoculaire** (cf chap 3.1.2). En effet le champ binoculaire est trop grossier, par manque de points mesurés, par la technique de mesure vu non vu, pour l'étude de la vision centrale. Il faut rechercher une **dissociation vision de loin – vision de près**, par exemple les scotomes centraux donnent une gêne majeure à la vision de près la lecture, alors que les péricentraux donne une importante gêne de près, mais respecte assez longtemps la vision de loin. Il faut se souvenir que toutes les techniques de champ visuel concernent la vision diurne, les déficits ayant tendance à augmenter en condition mésopique et scotopique (**Fig. 1**).

Les étiologies d'un scotome central ou paracentral binoculaire sont très nombreuses, une revue de la littérature en recense les principales pouvant interférer sur la conduite [1]. Nous retiendrons principalement :

- maculopathie et rétinopathie qu'elle soit inflammatoire, génétique, dégénérative, toxique. On distinguera :
- les atteintes fovéolaires pures qui donnent un petit scotome central avec importante baisse d'acuité visuelle.
- les atteintes parafovéolaires comme certains

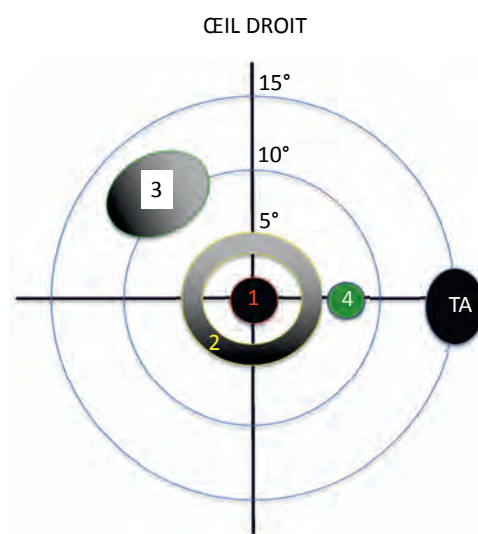


Figure 1 : Différents types de scotomes centraux : 1 = central, 2 = péricentral, 3 = péricentral, 4 = ceaco-central.

Stargardt (CAS N°1), certaines maculopathie myopique et surtout de nombreuses MLA atrophiques qui peuvent commencer avant 60 ans comme les EMAP [2], donc en pleine activité professionnelle (CAS N°2) [3].

- atteinte de la papille et du nerf optique de toutes étiologies. On distinguera le scotome :

- central (OMC, trou maculaire,...)
- péricentrale (intoxication aux antipaludéens de synthèse,...)
- péricentral
- ceaco-central (neuropathie optique toxique, héréditaire (CAS N°3)...)
- fréquemment des déficits altitudinaux passant au ras du point de fixation (glaucome à pression normale, NOIA,...)
- rarement des scotomes absolus limités par le méridien vertical de très petite taille liés à une atteinte très postérieure du cortex occipital (HLH D ou G)
- rarement des déficits bitemporaux de petite surface liés à une atteinte de selle turcique [4]

Le cas particulier du monophthalme :

Il présente une tache aveugle de 4 à 6° de diamètre

CHAPITRE III.5. QUEL BILAN D'APTITUDE DEVANT UNE ATTEINTE DE LA VISION CENTRALE

parfois nettement plus chez les myopies fortes avec conus myopique (**Fig. 2**). Pourtant, ce scotome absolu n'est pas ressenti de façon consciente grâce au phénomène de complétion [5]. De plus ce scotome se situe à 15° de l'axe central de visée. Cette particularité n'a pas été citée dans l'arrêté du 31 août 2010 sur l'aptitude à la conduite de véhicule léger qui cite « Aucun défaut ne doit être présent dans un rayon de 20° par rapport à l'axe central. ».

V.2. Peut t'on mesurer une compensation d'un déficit central ?

En laboratoire, il existe des techniques de micropérimétrie monoculaire qui permettent de façon précise de connaître l'étendue du scotome central, la ou

les fixations de suppléance (PRL), la qualité de celle-ci [6]. Si l'atteinte est bilatérale et symétrique, l'étude du meilleur œil nous donne des renseignements sur l'atteinte fonctionnelle bilatérale.

En pratique quotidienne, nous utiliserons surtout l'interrogatoire et les améliorations subjectives ressenties par le patient, et objectives sur par exemple les modifications de la vitesse de lecture procurées par les aides techniques grossissantes [7]. Nous nous aiderons d'un bilan basse vision orthoptique, voire même, selon le degré de déficience, d'une évaluation pluridisciplinaire : locomotion, ergothérapie, adaptation du poste de travail...

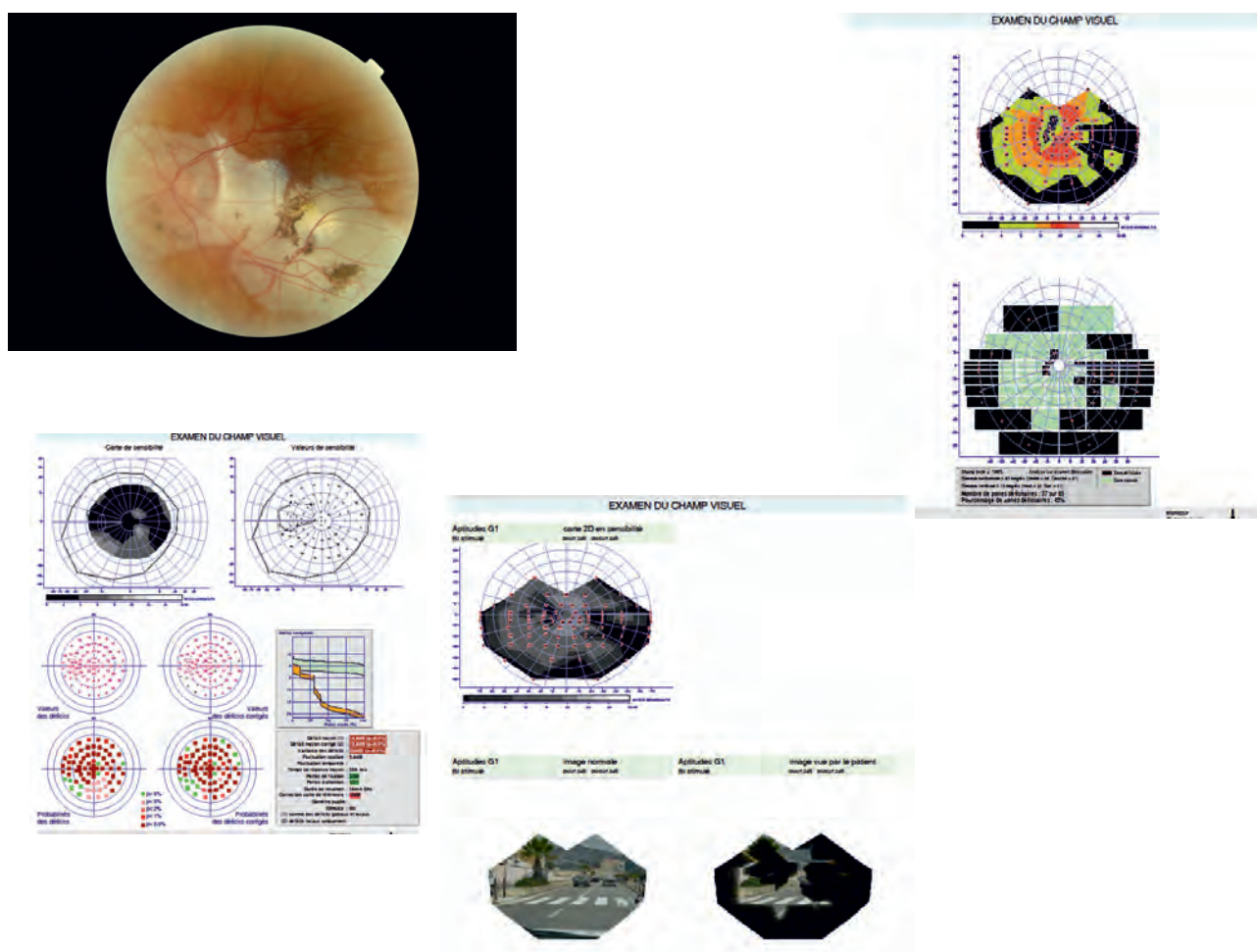
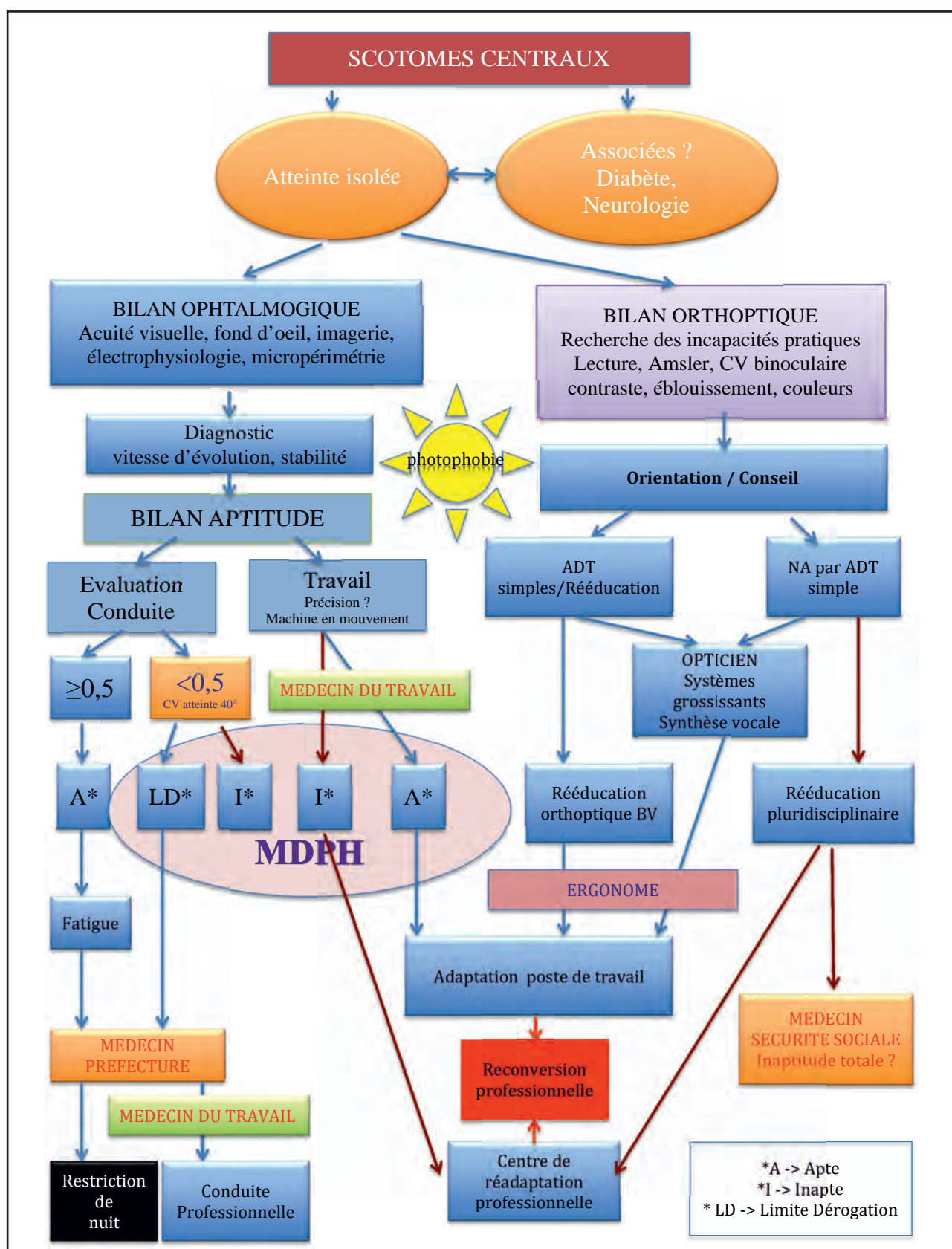


Figure 2 : Très grande tache aveugle chez un patient monophthalme, myopie très forte avec choroidose, pseudophake avec laser en périphérie rétinienne, acuité de l'œil gauche 7/10.

CHAPITRE III.5. QUEL BILAN D'APTITUDE DEVANT UNE ATTEINTE DE LA VISION CENTRALE



V.3. Le retentissement fonctionnel d'une perte de la vision centrale sur les déplacements, la qualité de vie, les occupations, le travail, le sport

Les personnes présentant un déficit visuel central et/ou para-central peuvent décrire une zone floue dans toutes les activités nécessitant une vision fonctionnelle fine et un contrôle visuel précis. Dans ces activités, on relève la lecture, l'écriture, la conduite, la couture, la reconnaissance des visages, le bricolage, la cuisine (l'assaisonnement), l'ordinateur, le téléphone, le pointage. Mais aussi le choix des vêtements qui est rendu difficile par l'altération de la vision des couleurs.

Lors des déplacements, nous sollicitons d'abord notre champ visuel périphérique : champ visuel du mouvement et d'alerte du danger. Une personne présentant une atteinte de la vision centrale pourra donc se déplacer de façon autonome à pied, elle ne pourra par contre pas lire les panneaux. Elle rencontrera des difficultés de perception des reliefs par absence de contraste pour monter un trottoir, un escalier, ou encore pour percevoir un obstacle fixe et de petite taille sur son parcours.

L'arbre de décision résume le bilan d'aptitude. Le texte réglementaire sur la conduite permis B précisant qu'en dessous de 5/10 et dès lors que les 40° centraux sont atteints, il y a une inaptitude, le problème de la poursuite de la conduite se pose très rapidement. Chez certains patients, après un bilan complet qui a pour but de mesurer une éventuelle compensation, une demande de dérogation auprès de la préfecture pour poursuivre la conduite est possible (cf chap 3.3 et 3.4).

Dans toutes les professions réglementées, le patient doit prévenir son médecin du travail, qui si besoin adaptera le poste de travail. (cf chap 1.5 et 2.4). Il en est de même dans toutes les activités professionnelles, sauf le cas particulier, des artisans, commerçants, agriculteurs, professions libérales qui n'ont pas de médecine du travail.

Dans les cas plus évolués, le patient doit consulter le médecin de l'assurance maladie pour une éventuelle invalidité « première catégorie ».

Dans tous les cas de déficience visuelle, un dossier MDPH doit être constitué pour l'obtention de droits sociaux (taux d'incapacité et RQTH), mais surtout pour le maintien de l'emploi ou une aide à une reconversion professionnelle (cf chap 8.2).

Sigles

OMC Oedème Maculaire Cystoïde

NOIA Neuropathie Optique Ischémique Antérieure

Aigue

RQTH Reconnaissance de la qualité de travailleur handicapé

REFERENCES

- 1. Petzold A, Plant GT.** Central and Paracentral Visual Field Defects and Driving Abilities. *Ophthalmologica*, 2005 ; 219 : 191 – 201
- 2. Hérédodégénérescences rétinienues.** Volume 2. *Rétine : Ouvrage en 8 volumes + fascicule 1846 p*, Editeur : Médecine Sciences Publications (17 avril 2012), sous la direction de Salomon Yves Cohen, Alain Gaudric
- 3. Defoort-Dhellemmes S, Meunier I, Arndt C, Drumare I, Puech B, Zanlonghi X.** Du signe clinique au diagnostic, imagerie et exploration de la vision. *Rapport spécial BSO 2012*, Ed Lamy Marseille, novembre, 455 pages
- 4. Walsh T.** Visual field. Examination and interpretation. *Third Edition, American Academy of Ophthalmology*, 2011, 311 pages
- 5. Safran AB.** Réflexions cliniques sur le phénomène de complétion visuelle. *Ophthalmologie*, 1996, Tome 10, N°5, 454-456
- 6. Sabates FN, Vincent RD, Koulen P, Sabates NR, Gallimore G.** Normative data set identifying properties of the macula across age groups : integration of visual function and retinal structure with microperimetry and spectral-domain optical coherence tomography. *Retina*. 2011 Jul-Aug ; 31 (7) : 1294-302
- 7. Cohen SY, Le Gargasson JF.** Adaptation au scotome central. Partie I Fixations excentrées. *J. Fr Ophtalmol.*, novembre 2005 ; volume 29, n°9, p 991-998

QUEL BILAN D'APTITUDE DEVANT UNE ATTEINTE DE LA VISION PÉRIPHÉRIQUE

X. ZANLONGHI, A. MELUSSON

VI.1. Les différentes atteintes du champ visuel périphérique [1]

Pour donner une inaptitude visuelle, il est nécessaire que la pathologie atteigne les champs visuels des deux yeux, sauf dans quelques métiers réglementés comme les pilotes d'avion, les métiers de sécurité (cf chap 2.3.1.2, 2.3.2) ou l'atteinte du champ visuel d'un seul œil constitue une inaptitude.

Nous retiendrons 4 types d'atteintes du CV binoculaire

VI.1.1. Le rétrécissement concentrique du champ visuel binoculaire

Classiquement, nous raisonnons en étudiant le champ visuel œil par œil. Le diagnostic d'un rétrécissement concentrique du champ visuel ne doit pas poser de problème car il ne relève que des huit causes suivantes [2], du plus fréquent au moins fréquent dans notre expérience :

le glaucome, à un stade très évolué avec excavation papillaire en chaudron (cas N°1, 2, 3, 7).

la rétinopathie pigmentaire. Au stade de rétrécissement concentrique, il y a toujours des pigmentations, les vaisseaux sont grêles, rigides, la papille est pâle et cireuse (cas N°5, 6).

la pan-photocoagulation

l'atrophie optique séquellaire de l'hypertension intracrânienne.

la rétinopathie au Vigabatrin (cf chap 5.4).

Certains troubles cognitifs du sujet âgé (dont l'Alzheimer)

l'hémianopsie double.

les causes non organiques (non-compréhension de l'examen, simulation ou conversion), principale cause de rétrécissement concentrique à fond d'œil normal (cas N°8)

VI.1.2. Scotome annulaire absolu laissant un îlot central et un isoptère périphérique comme la dans choroidérémie (cas N°5)

C'est en pratique le déficit qui pose le plus de problème en aptitude surtout à la conduite, car les patients ont très longtemps une bonne vision centrale, un bon champ visuel en extrême périphérie,

mais le scotome absolu annulaire fini par atteindre les 40° centraux, le patient est inapte au permis B et doit demander une dérogation aux médecins de la préfecture (cf chap 2.3.1.1.2). Il doit également prévenir le médecin du travail.

VI.1.3. Les hémianopsies (cf chap 7.9)

Dans notre expérience, les HLH Droite posent plus de problèmes d'aptitude en particulier en conduite, car elles sont souvent accompagnées de négligence partielle.

Les hémianopsies bitemporale (cas N°4) ont un champ visuel binoculaire réduit (entre 100 et 120° sur le méridien horizontal selon les cas) et sont réglementairement inaptés au permis B, mais certains arrivent à bien compenser ce déficit.

VI.1.4. Les quadranopsies latérales homonymes

Ces quadranopsies sont découvertes dans les suites d'un AVC ou fortuitement lors d'un champ visuel de dépistage de glaucome. Réglementairement si les 40° centraux sont atteints, le patient est inapte au permis B et doit demander une dérogation aux médecins de la préfecture (cf chap 2.3.1.1.2). Il doit également prévenir le médecin du travail. En pratique, certains patients compensent très bien ce déficit, compensation qui peut être mesurée en laboratoire par le champ visuel attentionnel (cf chap 3.1.2) et les tests de stratégie du regard sur des scènes de conduite (cf chap 3.1.8).

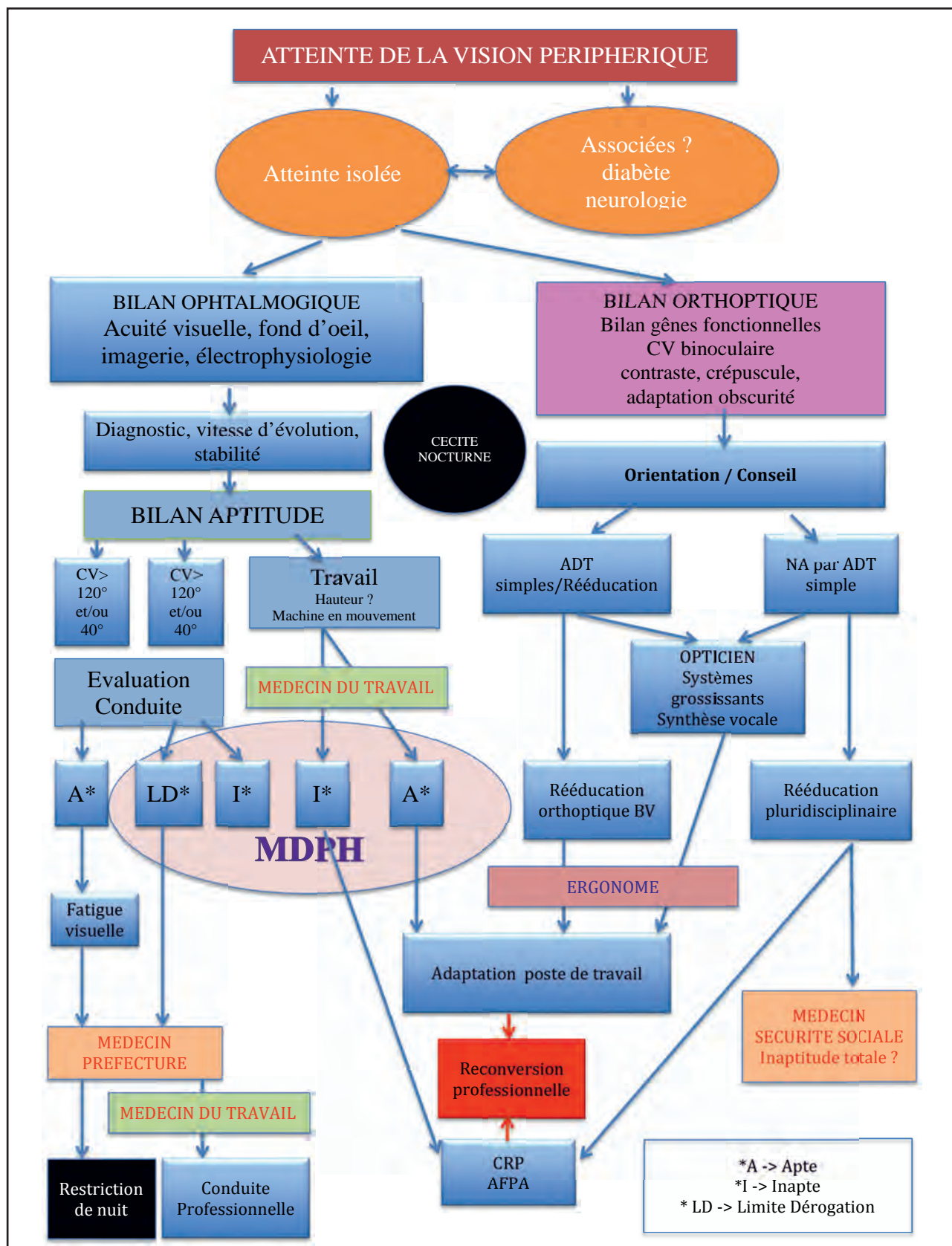
En aptitude, l'atteinte strictement unilatérale du champ visuel périphérique pose moins de problème (cf chap 9.2), on retombe dans l'aptitude du monoptalme (cas N°1).

VI.2. Peut-on mesurer une compensation d'un déficit périphérique ?

La vision périphérique permet la vision du mouvement, la recherche visuelle, la vision nocturne. Son atteinte provoque des incapacités, totales ou partielles de déplacements, de poursuite visuelle, de contrôle visuel. C'est la vision de la sécurité dans les déplacements, et sur des postes avec des machines en mouvement.

Les tests classiques d'acuité visuelle et de champ

CHAPITRE III.6. QUEL BILAN D'APTITUDE DEVANT UNE ATTEINTE DE LA VISION PÉRIPHÉRIQUE



CHAPITRE III.6. QUEL BILAN D'APTITUDE DEVANT UNE ATTEINTE DE LA VISION PÉRIPHÉRIQUE

visuel binoculaire (tête et yeux immobiles) ne permettent pas de mesurer une compensation.

Avant de réaliser des tests en laboratoire et en situation, il faut s'assurer de l'absence d'autres déficiences (surdité,...), de l'absence de troubles neurocognitifs.

Il est nécessaire de connaître l'étiologie de la défiance visuelle périphérique afin d'en déduire si possible sa vitesse d'évolution, donnée très importante en aptitude.

Pour la conduite, en laboratoire, il faut utiliser des systèmes permettant de mesurer la vision attentionnelle, la stratégie du regard, des temps de réaction périphérique, tête et yeux libres. L'idéal étant la mise en situation écologique en auto-  cole avec un formateur spécialisé assisté d'une ergothérapeute (cf chap 3.3) et au travail par une étude du poste de travail en situation par le médecin du travail.

Dans les cas plus évolué ou la conduite n'est plus possible, par exemple de cécité nocturne majeure, de champ visuel tubulaire diurne, il est nécessaire d'utiliser des moyens d'aide aux déplacements (cane blanche, cane électronique, GPS spécialisé piéton,...), de s'éloigner de ce que l'on veut voir, de disposer d'un éclairage suffisant.

Le bilan d'aptitude d'une atteinte de la vision périphérique est résumé dans l'arbre de décision ci-dessous.

REFERENCES

1. **Risse JF.** Exploration de la fonction visuelle : applications au domaine sensoriel de l'œil normal et en pathologie. *Rapport de la Société Française d'Ophthalmologie*, Masson, 1999, 765p.
2. **Defoort-Dhellemmes S, Zanlonghi X, Guepratte N, Decaestecker C.** Démarche diagnostique devant une atteinte du champ visuel. *Chapitre II-C du rapport BSOF 2012*, Ed. Lamy Marseille, pp 267-288

QUEL BILAN D'APTITUDE DEVANT UNE ATTEINTE FONCTIONNELLE LIÉE À L'AMBIANCE LUMINEUSE : ÉBLOUISSEMENT, CÉCITÉ NOCTURNE

X. ZANLONGHI, N. ROUSSEAU

VII.1. Eblouissement

VII.1.1. Eblouissement : des situations très diverses

L'**éblouissement** est caractérisé par l'entrée dans le champ visuel d'une source lumineuse importante. L'observateur éprouve soit une gêne visuelle (éblouissement inconfortable) soit une réduction de l'aptitude à distinguer des objets (éblouissement perturbateur) (cf chap 3.1.4).

L'éblouissement est à différencier :

- des **phosphènes** (du grec phos, lumière et phain, montrer) qui sont des sensations visuelles provoqués par des stimulations autres que des changements de niveau lumineux du stimulus par modification de l'intensité lumineuse d'une lampe ou d'un flash, de l'ambiance dans laquelle se trouve le sujet (obscurité ou pièce éclairée) ou de toute autre stimulation lumineuse. Les phosphènes peuvent être spontanés ou provoqués par des pathologies ophtalmologiques [1], des médicaments [2], des champs électromagnétiques,...
- des **hallucinations visuelles** (phosphènes associés à la prise d'alcool ou de drogues, liés au stress ou à une hyperthermie), sont difficilement quantifiables qui décrivent des structures géométriques indépendantes de toutes références culturelles.
- de l'**aura migraineuse** voire de crise d'**épilepsie partielle** [3].

- Enfin, de l'éblouissement qui signifie « peur de la lumière » [4] est qui est souvent confondu avec la **photophobie**. Dans le cas de l'éblouissement, la gêne est causée par la quantité de lumière ou par la façon dont celle-ci se présente. Dans la photophobie, c'est la lumière en tant que telle qui est à la source de la gêne fonctionnelle. Elle se produit dès que l'œil est éclairé même en lumière faible, et ne cesse pas immédiatement à l'occlusion des paupières. C'est une réaction pathologique et douloureuse s'accompagnant de larmoiements et de spasmes des paupières. Elle est le plus souvent liée à une amétropie, à une pathologie oculaire ou neurologique [5], ou parfois à une origine psychiatrique [6].

Il est nécessaire de déterminer l'ambiance lumineuse qui provoque l'éblouissement :

- le jour par un temps ensoleillé, avec un éclairage artificiel de type néons, par un écran de TV, d'ordinateur, un système de rétroprojection ou par des surfaces brillantes comme l'inox,
- la nuit par les phares de voiture [7] (tableau 1), les lumières indirectes (système réfléchissant).

Parfois le patient arrive à décrire de façon précise son éblouissement : halos autour de sources lumineuses ponctuelles voire, dispersions lumineuses [8]. En cas d'éblouissement sur un poste de travail, l'éclairement environnemental peut être mesuré au moyen de luxmètre par les médecins du travail, voire des ergonomes (cf encart petit précis de photométrie utile en aptitude visuelle).

Activité ou lieu concerné	Éclairement moyen
Nuit de pleine lune	0,5 lux
Rue de nuit bien éclairée	20 à 70 lux
Appartement bien éclairé	200 à 400 lux
Local de travail	200 à 3 000 lux
Stade éclairé de nuit	150 à 1 500 lux
Extérieur par ciel couvert	500 à 25 000 lux
Extérieur en plein soleil (plage, piste de ski, haute altitude)	50 000 à 100 000 lux

Tableau 1 : Quelques éclairagements exprimés en lux (lux est une unité de mesure de l'éclairement lumineux (symbole : lx). Il caractérise le flux lumineux reçu par unité de surface)

Souvent des stratégies d'évitement, voire des stratégies de compensation ont été mises en place par le patient ; il ne conduit plus la nuit, il utilise des verres solaires / filtrants le jour, des verres polarisés, des montures enveloppantes (cf chap 4.2), une casquette, un chapeau, ...

Le retentissement fonctionnel d'un éblouissement sur les déplacements, la qualité de vie, les occupations, le travail, le sport, est très variable, mesurable par des appareils (cf chap 3.1.4) (**Fig. 1**) [9], et par des questionnaires de type qualité de vie [10]. L'é-

**CHAPITRE III.7. QUEL BILAN D'APTITUDE DEVANT UNE ATTEINTE FONCTIONNELLE
LIÉE À L'AMBIANCE LUMINEUSE : ÉBLOUISSEMENT, CÉCITÉ NOCTURNE**

blouissement sera différent s'il survient sur un œil sain ou sur un œil pathologique, s'il complique une pathologie donnant une baisse d'acuité visuelle et/ou une atteinte du champ visuel binoculaire ; voir arbre de décision ci-après [6].

Les situations les plus étudiées ont été le travail de bureautique aboutissant à l'établissement de recommandations et normes d'éclairage (**Fig. 1**) [11, 12], dans certains milieux professionnels comme le milieu hospitalier [13], les postes de travail en éclairage naturel [14], l'éclairage public [15] et la conduite (**Fig. 2, 3**).

Dans tous les cas, il faut agir si possible sur la pathologie elle-même, trouver des solutions techniques propres au patient (verres filtrants), apprendre des techniques d'évitement (fixation du côté droit de la route en conduite de nuit lorsqu'une voiture vient de face), modifier l'environnement (modification de l'espace de travail en particulier bureautique, phares de voiture anti-éblouissement, éclairage nocturne de l'espace public, ...).

L'autorité publique peut imposer des restrictions comme par exemple la conduite de nuit, ce que préconise le rapport de 2011 des députés JUNG et HOUILLON « Aussi, plutôt qu'une approche binaire en termes d'interdiction ou d'autorisation de conduire, la mission d'information souhaite promouvoir un accompagnement personnalisé, coordonné par les professionnels de santé et/ou les intervenants sociaux présents dans l'entourage proche de l'intéressé, tendant à prendre en compte les besoins de déplacements spécifiques et les capacités constatées, quitte à prévoir certaines contre-indications comme la conduite de nuit, la conduite sur autoroute ou dans une grande agglomération, voire les trajets excédant une certaine distance [16] » (cf chap 7.8.1).

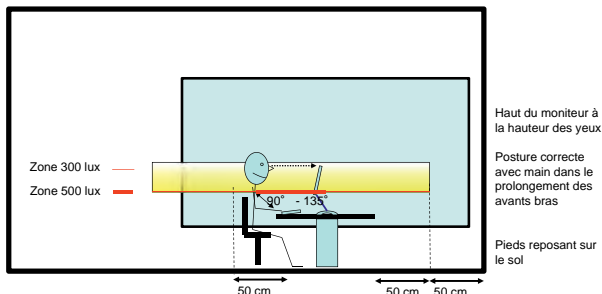


Figure 1 : Norme d'éclairage pour le travail de bureau NF EN 12464-1 : espace ergorama 500 lux, espace panorama 300 lux [11, 12].



Figure 2 : Eblouissement en situation de conduite : pare brise sale, soleil bas situé, réflexion sur les voitures, sur la route. Si la voiture située devant freine, les feux rouges de Stop sont très mal perçus. On note une perte de contraste majorée par l'éblouissement. La recommandation de la sécurité routière dans cette situation, est de mettre le pare soleil et non de mettre des verres solaires au dernier moment.

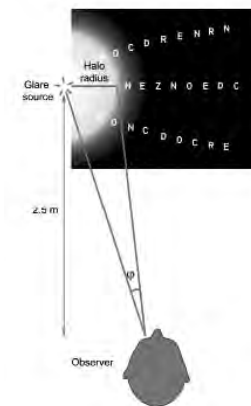


Figure 3 : Dispositif simulé d'un phare de voiture venant du côté gauche (haut) en condition nocturne (bas). On mesure le nombre de lettres disparaissant dans le halo de diffusion, on obtient ainsi son diamètre angulaire. Copyright SLACK Incorporated [17]

*CHAPITRE III.7. QUEL BILAN D'APTITUDE DEVANT UNE ATTEINTE FONCTIONNELLE
LIÉE À L'AMBIANCE LUMINEUSE : ÉBLOUISSEMENT, CÉCITÉ NOCTURNE*

VII.1.2. Arbre de décision face à un éblouissement

Après un bilan ophtalmologique et orthoptique comportant une quantification de l'éblouissement, et la recherche d'une pathologie, deux situations se dégagent :

soit il s'agit d'un éblouissement en ambiance diurne ou nocturne non explicable par une pathologie ophtalmologique,

soit une pathologie sans ou avec atteinte de l'acuité visuelle ou du champ visuel est mise évidence.

Dans le premier cas, les verres filtrants, polarisés, les verres photochromiques à teinte variable, les antireflets sont souvent suffisants (cf chap 4.2). Si aucune aide technique, aucune stratégie d'évitement, ne sont possibles, des aménagements de poste de travail voire des inaptitudes partielles peuvent être envisagées par le médecin du travail.

Dans le second cas, l'aptitude est liée à la pathologie en cause (cf chap 6, 7, 8).

VII.2. Cécité nocturne

VII.2.1. La gêne en vision nocturne

La **gêne en vision nocturne** est un motif fréquent de consultation, 39% des conducteurs déclarent avoir des difficultés de conduite nocturne [18]. Cependant l'**héméralopie vraie** est rare [19]. Le plus souvent il s'agit d'une sensation d'éblouissement en conduite nocturne provoqué par des phares de voitures, d'une baisse ou de fluctuations de l'acuité visuelle par myopisation, de vision floue intermittente liée à des phories, de sensation de perte d'appréciation des distances, de sensation de post-images.

L'interrogatoire est capital, chez la personne adulte, les arguments en faveur d'une héméralopie vraie sont les suivants :

grande difficulté pour se déplacer à pied, dans des rues non éclairées,
chute de tout type mais toujours liée à une ambiance lumineuse faible

Chez l'enfant, repérer une héméralopie vraie est plus difficile. C'est l'étude de son comportement et par la comparaison avec d'autres enfants de même

âge que les parents ou l'ophtalmologiste le remarque :

l'enfant s'arrête en entrant dans une pièce noire, il donne systématiquement la main la nuit dans un endroit inconnu,

il distingue mal les étoiles la nuit.

La majorité des héméralopies chez l'enfant sont liées à des pathologies génétiques. Le bilan médical cherchera en priorité des atteintes systémiques comme une surdité de perception, un syndrome malformatif (hexadactylie, ..), une apraxie, une pathologie neurologique, un retard global, .. Nous chercherons un nystagmus parfois latent difficile à retrouver, une forte myopie, une amblyopie bilatérale.

VII.2.2. De la vision nocturne à la cécité nocturne

Au cours du passage progressif d'une ambiance photopique à une ambiance mésopique (adaptation à l'obscurité), plusieurs fonctions visuelles se modifient :

l'acuité visuelle statique diminue,

la perception des couleurs s'estompe,

la vision des reliefs s'altère,

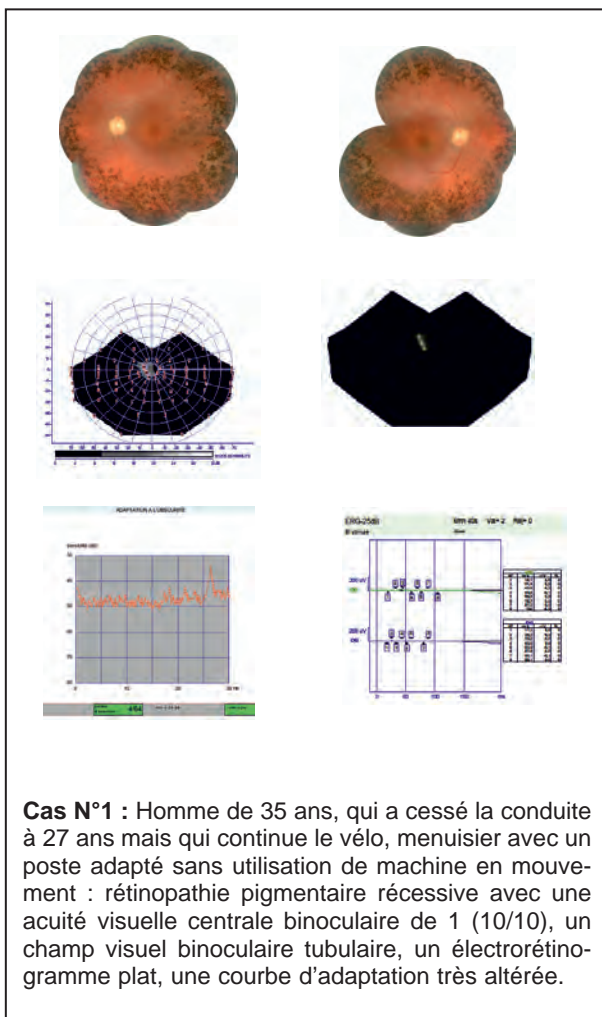
le champ visuel périphérique rétrécit,

le temps de récupération après éblouissement augmente.

Ces modifications se traduisent par une moindre perception des détails, une moins bonne appréciation des distances, un surcroît de vigilance ou de g  ne pour le salarié.

L'héméralopie vraie est un symptôme difficile à estimer et à mesurer [20]. Le plus souvent elle complique et aggrave le déficit visuel lié à une perte du champ visuel. Devant toute héméralopie vraie, le bilan étiologique doit comporter au minimum un champ visuel monoculaire périphérique et central, un électrorétinogramme. Le bilan d'aptitude doit comporter un champ visuel binoculaire, voire un test d'adaptation à l'obscurité [19] (cf chap 3.1.6). Certaines pathologies rétiniennes comme la rétinopathie pigmentaire (Cas N  1), certaines maculopathies (Cas N  2), certaines atteintes du nerf optique comme les glaucomes graves sont les principales pathologies à rechercher [21].

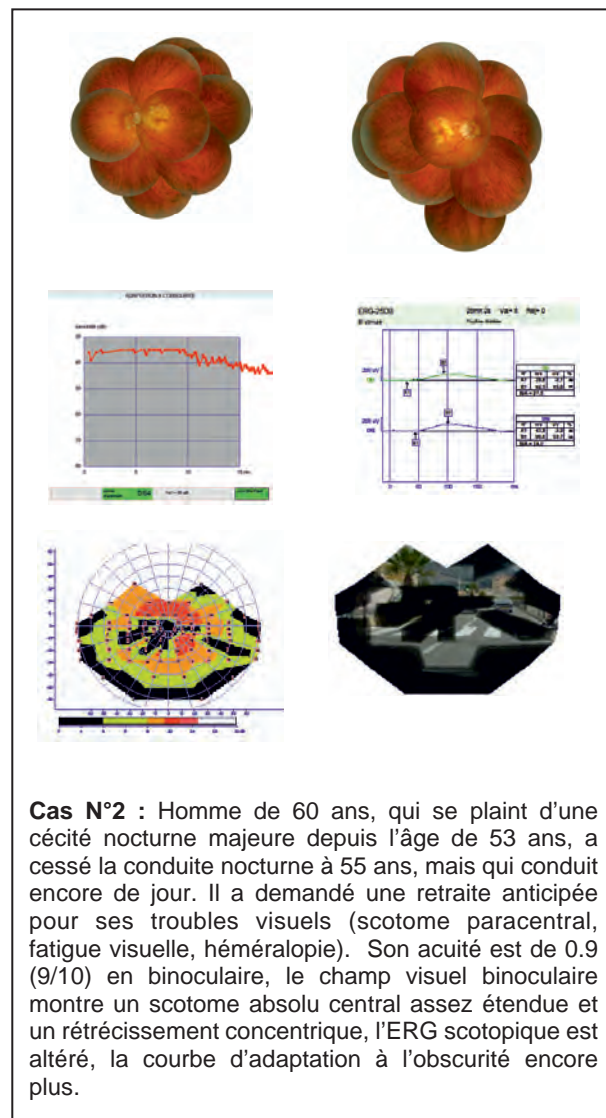
**CHAPITRE III.7. QUEL BILAN D'APTITUDE DEVANT UNE ATTEINTE FONCTIONNELLE
LIÉE À L'AMBIANC LUMINEUSE : ÉBLOUISSEMENT, CÉCITÉ NOCTURNE**



VII.2.3. Vision nocturne et aptitude professionnelle

Pour un travail de nuit, le point important n'est pas d'être en état d'adaptation complète et immédiate, ce qui est impossible à obtenir, mais en état d'adaptation suffisante pour que le seuil des bâtonnets soit rapidement atteint, puis une fois atteint maintenu. Pour que l'adaptation soit suffisante, il est nécessaire de travailler en lumière constante et de protéger l'œil contre des variations brutales de lumière à fortiori contre des lumières vives et prolongées. Pour que l'adaptation à l'obscurité ou à une basse luminance, soit conservée, il suffit d'éviter l'éblouissement.

L'âge (myosis, opalescence du cristallin), certaines pathologies non ophtalmologiques (alcoolisme...), la prise de médicament (cf chap 5), le niveau sonore ambiant, l'état de fatigue et l'altitude réduisent l'adaptation aux basses luminances.



L'accidentologie augmente fortement la nuit, et l'on comprend que les métiers réglementés du transport et de la sécurité comportent tous un volet sur la cécité nocturne qui donne une inaptitude (cf chap 2). Les métiers de la mer (Les marins-pêcheurs) font parti des professionnels ou une bonne vision nocturne est indispensable.

VII.2.4. Cécité nocturne et sport

Quelques sports se pratiquent la nuit soit sans aucun éclairage comme la voile, soit avec des éclairages artificiels comme les sports automobiles dont la plus célèbre course est les 24heures du Mans.

CHAPITRE III.7. QUEL BILAN D'APTITUDE DEVANT UNE ATTEINTE FONCTIONNELLE
LIÉE À L'AMBIANCE LUMINEUSE : ÉBLOUISSEMENT, CÉCITÉ NOCTURNE

REFERENCES

1. **Caputo G, Metge-Galatoire F, Arndt C, Conrath J.** Décollements de rétine. *Rapport de la SFO, Ed Masson, 2011, 545pp*
2. **Rosolen SG.** Quand l'ophtalmologie rejoint la cardiologie ou quand le cardiologue a besoin de l'ophtalmologiste. *Propos Biopharma 2007 n° 31, 35-42*
3. **Balmitgere T, Vighetto A.** Troubles visuels binoculaires transitoires : une approche diagnostique ; Transient binocular visual loss: A diagnostic approach. *J Fr. Ophtalmol.*, 2009; 32, 10, 770-774
4. **Dubois-Poulsen A.** Fatigue-photophobie. *Arch. Opht. (Paris)*, 1975, 35, 3, 281-290
5. **Risse JF.** Exploration de la fonction visuelle : applications au domaine sensoriel de l'œil normal et en pathologie. *Société française d'ophtalmologie, Ed Masson, 1999, 652-653.*
6. **Zanlonghi X.** Photophobie. *Du signe clinique au diagnostic, imagerie et exploration de la vision, Chapitre II-A-III-3 du rapport BSOF 2012, Ed. Lamy Marseille, pp 225-227*
7. **Mainster MA, Timberlake GT.** Why HID headlights bother older drivers. *Br J Ophthalmol* 2003 Jan;87(1):113-117
8. **Djadi-Prat J, Saragoussi JJ, Lebuissou DA, Arson B, Saragoussi D.** Qualité de vie après Lasik : partie I. Validation de la traduction française de l'échelle NEI-RQL-42. Quality of life after Lasik : Part I. Validation of the French translation of the NEI-RQL-42 scale. *Journal Français d'Ophtalmologie, 2011, Volume 34, numéro 3, 143-156*
9. **Van den Berg Thomas JTP, Franssen L, Kruijt B, Coppens JE.** History of ocular straylight measurement : A review. *Z. Med. Phys.* 23 (2013) 6-20
10. **Baudouin C, Creuzot-Garcher C, Hoang-Xuan T, Rigeade MC, Brouquet Y, Bassols A, Guillemin I, Benmedjahed K, Arnould B.** Severe impairment of health-related quality of life in patients suffering from ocular surface diseases. Évaluation de la perte de qualité de vie chez les patients atteints de pathologies de la surface oculaire. *J Fr. Ophtalmol.*, 2008; 31, 4, 369-378
11. **INRS** L'éclairage artificiel au poste de travail. *Travail et Sécurité, 1999, mai, réimpression mai 2005, fiche ED 85, www.inrs.fr*
12. **Damelincourt JJ, Zissis G, Corbé C, Paule B.** Eclairage d'intérieur et ambiances visuelles. *Ed. Tec & Doc, Lavoisier, Optique et vision, nov. 2010, 276 pages*
13. **AFE** Recommandations relatives à l'éclairage des établissements de santé. *Ed par Association Française de l'Eclairage, fev 2000, 56pp, http://www.lux-editions.fr/*
14. **INRS** L'éclairage naturel. *Travail et Sécurité, 1999, mai, réimpression juin 2008, fiche ED 82, www.inrs.fr*
15. **Remande C.** Guide d'application de la norme européenne Eclairage public EN 13201. *Cahier technique LUX n° 244, sept/oct 2007, 8 pages*
16. **Jung A, Houillon Ph.** Rapport d'information fait au nom de la mission d'information relative à l'analyse des causes des accidents de la circulation et à la prévention routière (tome 1 et tome 2). *Rapport n° 3864, Assemblée Nationale, octobre 2011*
17. **Puell MC, Pérez-Carrasco MJ, Barrio A, Antona B, Palomo-Alvarez C.** Normal Values for the Size of a Halo Produced by a Glare Source. *J Refract Surg.* 2013;29(9):618-622
18. **Szlyk JP, Fishman GA, Severing K, Alexander KR, Viana M.** Evaluation of driving performance in patients with juvenile macular dystrophies. *Arch Ophthalmol* 1993, Feb;111(2):207-212
19. **Jayle GE, Ourgaud AG.** La vision nocturne et ses troubles. *Rapport de la Soc. Fr. Ophtalmol., Ed Masson, Paris, 1950, 863pp*
20. **Fasser C.** Vivre avec un handicap visuel : ce que le patient ne dit pas à son médecin. *In Le déficit visuel. De la neurophysiologie à la pratique de la réadaptation. Ed SAFRAN A.B., ASSIMACOPOULOS A. Masson, Paris, 1995, 77-88*
21. **Zanlonghi X.** Héméralopie. *Du signe clinique au diagnostic, imagerie et exploration de la vision, Chapitre II-A-III-2 du rapport BSOF 2012, Ed. Lamy Marseille, pp 223-225*

QUEL BILAN D'APTITUDE DEVANT UNE DIPLOPIE

C. SPEEG-SCHATZ

VIII.1. Le bilan d'une diplopie : les techniques

Les tests visuels utiles pour déterminer une aptitude professionnelle visuelle dans le cas d'un strabisme ou d'une paralysie oculomotrice sont :

- l'acuité visuelle centrale de loin et de près
- le champ visuel binoculaire tête et yeux immobiles
- le champ de fusion (champ dynamique de vision binoculaire simple [1])
- le sens stéréoscopique
- la vision nocturne nécessaire pour le métier de nuit (marin, aviation, poste de sécurité)

Nous ne reviendrons pas sur l'acuité visuelle développée dans le chapitre 3.1.1 ni sur le champ visuel développé dans le chapitre 3.1.2

Par contre nous insisterons sur les mesures suivantes :

- **Le champ de fusion** correspond, à l'intérieur du champ visuel binoculaire, à la zone de vision simple et fusionnée [2] cf chap (3.1.2)

Sachant que la « zone de vision utile » est dépendante des activités habituelles du patient, et de la mobilité de sa tête et de son corps, la cartographie du champ de fusion permet de comprendre l'importance (ou la légèreté) de la gêne qu'il ressent dans sa vie quotidienne.

- **L'examen au verre rouge** : il permet d'objectiver la diplopie (sens, largeur) dans toutes les directions du regard, de façon à déterminer le ou les muscles éventuellement atteints : l'écart des images est maximal dans le champ d'action du muscle paralysé.

Ce test est tout particulièrement précieux lorsque les tests coordimétriques sont impossibles à réaliser, car il est faisable quel que soit l'état de la correspondance rétinienne, à condition qu'il n'y ait pas neutralisation permanente d'une image (mais dans ce cas, il n'y a pas de diplopie non plus).

L'examen se fait de loin et de près, avec un verre rouge sur 1 œil et un point lumineux à fixer.

De loin, la source lumineuse est immobile et le patient déplace sa tête de façon à tester les 9 positions du regard. Pour un maximum de précision on utilisera le point lumineux de la croix de Maddox, les graduations facilitant la localisation de la lumière rouge.

L'examineur reporte sur un schéma la position respective de la lumière rouge et de la lumière blanche pour chacune de ces 9 positions.

De près, le patient peut garder la tête immobile (bien droite) et c'est l'examineur qui déplacera alors la source lumineuse dans les 9 positions.

Le verre rouge utilisé peut être plus ou moins foncé, selon que l'on cherche à mettre en évidence la diplopie ou que l'on s'intéresse plutôt aux capacités de neutralisation du patient.

Le verre rouge sera ensuite utilisé pour aider à définir la correction prismatique qui compensera la diplopie. L'intérêt par rapport à un essai prismatique sans verre rouge est de gagner du temps : on sait à quel œil appartient quelle image.

- La Stéréoscopie :

En cas de diplopie sur vision binoculaire normale, un test de stéréoscopie permet de bien objectiver l'étendue du champ de fusion (= zone de l'espace où le patient n'a pas de diplopie).

Ce ne sera pas tant la finesse, mais la présence ou l'absence de la stéréoscopie qui seront intéressantes.

De près on peut utiliser le test de Lang ou la mouche du Wirt, et de loin le chat de Weiss : on recherchera la zone de l'espace où le test est perçu en relief.

La finesse de l'acuité stéréoscopie est également un excellent moyen de juger de l'efficacité d'une prisme.

- Vision nocturne et diplopie :

Lorsque l'équilibre binoculaire est globalement préservé mais fragile (paralysie oculo-motrice discrète ou séquellaire, hétérophorie-tropie...) le patient peut compenser son déficit tant bien que mal dans des conditions lumineuses normales, mais se plaindra facilement d'une diplopie la nuit, particulièrement sur la route où l'agressivité des phares et la multitude des sources lumineuses décompensent le déséquilibre binoculaire et interdisent les petites neutralisations possibles en journée.

Nous ne faisons pas de test particulier concernant cette diplopie nocturne, nous nous contentons de prendre note de la plainte du patient et de prescrire éventuellement une petite correction prismatique à porter pour conduire la nuit.

On peut imaginer (mais nous ne l'avons jamais

CHAPITRE III.8. QUEL BILAN D'APTITUDE DEVANT UNE DIPLOPIE

fait) : 2 examens de la diplopie spontanée dans les 9 positions de l'espace, l'un en lumière normale, l'autre dans l'obscurité ? En réalité, cela ne donnerait qu'une toute petite idée de la gêne réelle sur la route...

Une alternative consisterait à proposer dans les « simulateurs de conduite », des simulations de conduite de nuit que l'on pourrait détourner à fin d'examen orthoptique... ?

VIII.2. Aptitude professionnelle et diplopie

VIII.2.1. La conduite

Cas général

La binocularité ne figure pas directement dans les critères d'aptitudes visuelles au permis de conduire. Mais on trouve dans l'arrêté du 30 août 2010 les indications suivantes :

La diplopie non corrigible par un traitement donne une inaptitude à la conduite que ce soit pour le permis léger ou le permis lourd car cela rend dangereuse la conduite automobile.

La diplopie est une variable relative :

- en cas de strabisme ancien, le patient neutralise et n'utilise que son œil dominant ; il est habitué à cette situation.
- Lorsqu'il passe d'un strabisme divergent à une ortho-position, il convient de lui préciser qu'il aura transitoirement une réduction de son champ visuel,

qui de panoramique, devient réduit sur 120° en horizontal.

- Dans un strabisme brutal, sur vision binoculaire normale, la diplopie rend impossible la conduite automobile.

- En cas de paralysie oculomotrice, si le patient présente une diplopie et qu'il n'est pas prismé, la conduite automobile est impossible.

- En cas de prismsation supprimant la diplopie, le réflexe optomoteur ne pouvant se faire en abduction dans une paralysie du VI par exemple, la conduite automobile est très réservée car rend difficile la visualisation dans le rétroviseur latéral, et de ce fait diminue les réflexes.

- En cas de strabisme vertical, l'usage du rétroviseur central est difficile et la conduite est dangereuse pour le patient.

L'idéal est de mettre le patient en situation de conduite automobile voire dans un simulateur par exemple (centres de rééducation).

Cas particulier du nystagmus

Le nystagmus en lui-même ne donne pas d'inaptitude à la conduite dans le groupe léger, sauf si l'acuité visuelle du meilleur œil est < à 5/10, si les normes de champ visuel binoculaire ne sont pas atteintes, ou si le nystagmus est associé à une diplopie ne répondant à aucune thérapeutique.

Par contre dans le groupe *lourd*, le nystagmus quelle que soit l'acuité donne une inaptitude.

2.2.2 Troubles de la mobilité Cf. Classe IV	Blépharospasmes acquis	Avis spécialisé obligatoire. Si confirmation de l'affection : incompatibilité.
	Mobilité du globe oculaire	Incompatibilité des diplopies permanentes ne répondant à aucune thérapeutique optique, médicamenteuse ou chirurgicale. Avis spécialisé. Les strabismes ou hétérophories non décompensées sont compatibles si l'acuité visuelle est suffisante.
	Nystagmus	Compatibilité si les normes d'acuité sont atteintes après avis spécialisé. Voir paragraphes 2.1.1 et 2.1.2.

Tableau 1 : Aptitude visuelle et groupe léger.

2.2.2 Troubles de la mobilité Cf. Classe IV	Blépharospasmes acquis	Avis spécialisé obligatoire. Si confirmation de l'affection : incompatibilité.
	Mobilité du globe oculaire	Incompatibilité des diplopies permanentes ne répondant à aucune thérapeutique optique, médicamenteuse ou chirurgicale. Avis spécialisé. Les strabismes ou hétérophories non décompensées sont compatibles si l'acuité visuelle est suffisante.
	Nystagmus	Avis spécialisé obligatoire. Si confirmation de l'affection : incompatibilité.

Tableau 2 : Aptitude visuelle et groupe lourd.

CHAPITRE III.8. QUEL BILAN D'APTITUDE DEVANT UNE DIPLOPIE

VIII.3. Diplopie et métiers réglementés

Profession	Vision binoculaire, stéréoscopie	Diplopie/Strabisme
Personnel navigant technique (PNT) ou Pilote classe 1	Les hétérophories sont limitées à : -à 6 mètres 2 Δ d'hyperphorie 10 Δ d'ésophorie 8 Δ d'exophorie -à 33 cm 1 Δ d'hyperphorie 8 Δ d'ésophorie 12 Δ d'exophorie	Les réserves fusionnelles doivent être suffisantes pour prévenir l'asthénopie accommodative et la diplopie. La diplopie est cause d'inaptitude.
Personnel navigant commercial ou PNC	pas de valeurs imposées	La diplopie est cause d'inaptitude.
Personnel navigant Classe 2	pas de valeurs imposées	En cas de stéréopsie réduite, ou de troubles de l'équilibre binoculaire les réserves fusionnelles doivent être suffisantes pour prévenir l'asthénopie et la diplopie.
Pilotes d'aéronefs légers ou LAPL (Light Aircraft Pilot Licence).	rien de noté dans le texte réglementaire	rien de noté dans le texte réglementaire
Contrôleurs aériens, Aptitude Classe 3	Le candidat, lors de la visite initiale, présentant des défauts fonctionnellement importants de la vision binoculaire est inapte. Etude des phories : A 6 mètres 2 Δ d'hyperphorie 10 Δ d'ésophorie 8 Δ d'exophorie A 33cm 1 Δ d'hyperphorie 8 Δ d'ésophorie 12 Δ d'exophorie Au-delà de ces valeurs le candidat est inapte sauf si les réserves fusionnelles sont suffisantes pour prévenir l'asthénopie et la fatigue visuelle.	Les troubles de la convergence entraînent l'inaptitude, sauf s'ils ne perturbent pas la vision de près ni la vision intermédiaire, avec ou sans correction. La diplopie entraîne l'inaptitude, un champ de fusion peut être réalisé pour mettre en évidence une plage de diplopie. Un test TNO peut être effectué s'il est jugé opportun, cependant un résultat anormal n'est pas nécessairement disqualifiant.
conducteurs de trains		- Les paralysies oculaires même parcellaires ; - Le strabisme divergent ou convergent (sauf avis spécialisé) ;
fonctions de sécurité autre que la conduite de train		La SNCF a choisi d'appliquer les mêmes critères médicaux à ces fonctions de sécurité, en particulier les exigences visuelles.
Batelier Rhin		Pas de doubles images. En cas de monophthalmie : motilité normale de l'oeil valide.
Gens de mer Norme I : Aptitude toutes fonctions toutes navigations (dont commandement et veille)	AV de loin sans correction	1/10 pour l'œil le plus faible, à condition que la différence entre les 2 yeux soit ≤ 3 dioptries (vision des reliefs et des distances)
pilotes et capitaines pilotes		Absence de strabisme et de diplopie.
Armée	un examen de la vision stéréoscopique : apprécié par le test TNO (test for stereoscopic vision) : en cas d'anomalie un bilan orthoptique est demandé, et certains emplois sont contre-indiqués,	
Aptitude au parachutisme militaire	Vision du relief : satisfaisant	
Aptitude plongeurs et travailleurs en milieu hyperbare		Absence de diplopie.
Démineur		Nystagmus = cause d'inaptitude.
Douanier* avec des fonctions de motocycliste	Vision du relief : Bonne perception nécessaire	
Pour être admis dans certaines grandes écoles comme l'institut géographique national	acuité stéréoscopique mesurée au stéréoscope de l'institut géographique national : doit annoncer sans erreur les résultats jusqu'à la silhouette 7.	La vision binoculaire doit être correcte avec appréciation normale du relief. Il y a une épreuve sur appareil de stéré restitution
forestiers-bucheron dans le jura	Un strabisme ou une paralysie oculomotrice sont une contre-indication à cette profession.	

CHAPITRE III.8. QUEL BILAN D'APTITUDE DEVANT UNE DIPLOPIE

VIII.4. Diplopie et sports réglementés

Profession	Vision binoculaire, stéréoscopie	Diplopie/Strabisme
Pilotes de voitures :	vision binoculaire normale	exclus de ce fait les strabiques et les paralysies oculomotrices ce d'autant qu'il faut un champ de vision statique de 120° au minimum.
boxe anglaise (amateurs et professionnels) boxe française, le kik boxing, boxe thai	vision binoculaire et une motilité oculaire normale,	
Vol libre : Delta, Parapente, Speedriding, Cerf-volant, Kite, Boomerang	La vergence et la vision du relief doivent être normales	
Arbitre de ligue de Football	Réaliser une étude de la motilité oculaire	La diplopie est une contre-indication relative.

En dehors des contre-indications absolues, la diplopie ou l'absence de vision binoculaire rend difficile certains sports comme le tennis.

REFERENCES

1. **Kraft SP.** Strabisme de l'adulte 1 : Mythes et Réalité – *Ophtalmologies – Conférences scientifiques*, 2007
http://www.ophtalmologieconferences.ca/crus/oph-thcdnfr0910_07.pdf
2. **Jeanrot N Jeanrot F** Manuel de strabologie. Aspects cliniques et thérapeutiques. Ed elsevier Masson, 3eme Ed, 2011, 248 pages

QUEL BILAN D'APTITUDE DEVANT UNE ATTEINTE NEUROVISUELLE ?

C. MORONI, C. MARKS-DELESALLE

IX.1. Le bilan d'une atteinte neurovisuelle : les techniques.

Les atteintes neurovisuelles résultent d'un défaut de traitement de l'information visuelle à l'étage cognitif. Elles relèvent d'une prise en charge pluridisciplinaire faisant intervenir ophtalmologue, orthoptiste, neuropsychologue, médecin rééducateur et neurologue.

IX.1.1. Le bilan ophtalmologique

Il comprend une mesure de l'acuité visuelle, par dénomination ou par appariement en cas d'agnosie. Toutefois, si un patient présente une agnosie visuelle de type aperceptive (cf. paragraphe 3.1.10 de cet ouvrage), les tâches d'appariement peuvent se révéler impossibles à réaliser. Pour éviter cet écueil, Vighetto [1] préconise la mesure de l'acuité visuelle de ces patients à l'aide de « réseaux » présentés sur une plage rectangulaire formée alternativement de bandes noires et blanches de largeur égale. Cette procédure mesure la plus petite fréquence spatiale (soit la plus petite largeur des bandes) permettant de percevoir l'alternance des bandes blanches et noires. Une conversion arithmétique permet dans un second temps d'estimer l'acuité visuelle du patient.

En cas de baisse d'acuité visuelle, l'étude des réflexes photomoteurs permet de différencier une atteinte périphérique d'une atteinte corticale. Un déficit pupillaire afférent oriente vers une atteinte préchiasmatique, alors qu'un réflexe photomoteur conservé oriente vers une atteinte rétrochiasmatique.

L'examen en lampe à fente et le fond d'œil recherchent un trouble des milieux, une maculopathie ou une pâleur papillaire permettant d'expliquer la baisse d'acuité visuelle.

En l'absence de cause oculaire évidente, la réalisation de potentiels évoqués visuels permet de confirmer l'intégrité des voies visuelles préchiasmatiques s'ils sont normaux.

Enfin, l'étude du champ visuel recherche un scotome central, centrocaecal, ou fasciculaire, secondaire à une neuropathie optique, ou un déficit latéral homonyme secondaire à une atteinte des voies visuelles rétrochiasmatiques.

IX.1.2. Le bilan orthoptique

Le bilan moteur étudie la motilité oculaire, la latéralité (l'œil directeur), la motricité conjuguée : la qualité de fixation, des poursuites, des saccades, du punctum proximum en convergence.

Le bilan sensoriel étudie les vergences, le punctum proximum d'accommodation, la vision des contrastes et des couleurs.

Au terme de ce bilan, si les symptômes visuels (baisse d'acuité visuelle, sensation de flou visuel, difficultés à la lecture) restent inexpliqués, une origine corticale est fortement suspectée, et un bilan neuropsychologique est demandé.

IX.1.3. Le bilan neuropsychologique.

Devant une atteinte neurovisuelle, la procédure du bilan neuropsychologique sera différente selon qu'il est supposé une atteinte de la voie occipito-temporale ou de la voie occipito-pariétale (chapitre 3.1.10 de cet ouvrage).

L'hypothèse d'un dysfonctionnement occipito-temporal provoquant une agnosie visuelle peut être évoquée si un échec est observé soit à une épreuve de dénomination d'images d'objets chez un patient qui ne présente pas par ailleurs de troubles phasiques, soit à une épreuve de dessin en copie ou de mémoire d'un objet tel qu'un vélo. La coexistence de ces déficits neuropsychologiques incite le clinicien à réaliser une évaluation spécifique des gnosies visuelles qui sera menée en référence à un modèle cognitif de l'identification des objets. Au cours du chapitre 3.1.10 de cet ouvrage, nous avons exposé le modèle cognitif d'identification visuelle proposé par Riddoch et Humphreys [2]. Ce modèle catégorise les déficits d'identification visuelle en 5 types d'agnosies visuelles. L'agnosie de la forme se caractérise par un déficit des capacités d'extraction des bords de l'objet perçu empêchant alors la création d'une première organisation perceptive. Un patient présentant ce type d'agnosie sera dans l'impossibilité d'apparier deux formes visuelles simples ou encore de copier une forme géométrique simple (exemples de production du patient JD victime d'un AVC hémorragique hémisphérique gauche associée à une hémianopsie latérale homonyme droite, cf. Fig. 1).

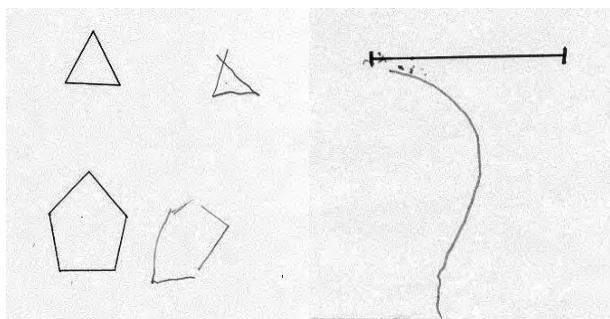


Figure 1. Exemples de copie de dessins du patient JD.

L'agnosie de la forme s'évalue à l'aide d'épreuves de comparaison de formes géométriques simples comme celle proposée par Efron [3] ; (exemple : **Fig. 2**).



Figure 2 : Exemple de comparaison de 2 formes visuelles issu du Test de Efron [3].

Il est également possible d'utiliser les premières épreuves de la BORB – Batterie de reconnaissance d'objet de Birmingham proposée par Riddoch et Humphreys [4]. Ces épreuves demandent aux participants de juger si deux formes visuelles sont identiques ou non selon une dimension spécifique comme la longueur (**Fig. 3**), la taille (**Fig. 4**) ou la position spatiale d'un espace sur un cercle (**Fig. 5**).



Figure 3 : Exemples d'items de la BORB [4]. Jugement de longueur.

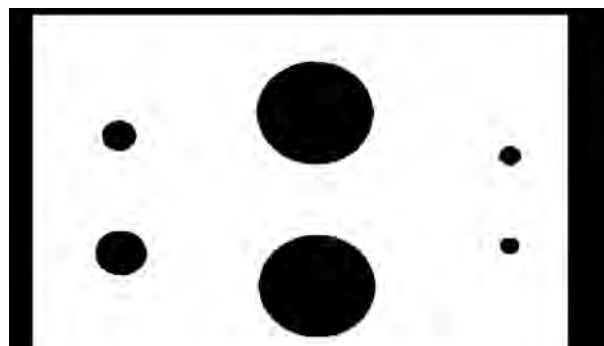


Figure 4 : Exemples d'items de la BORB [4], Comparaison de taille (identique ou non).

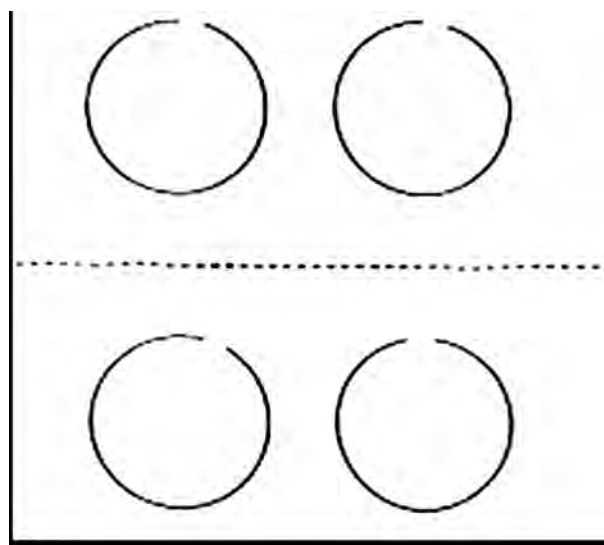
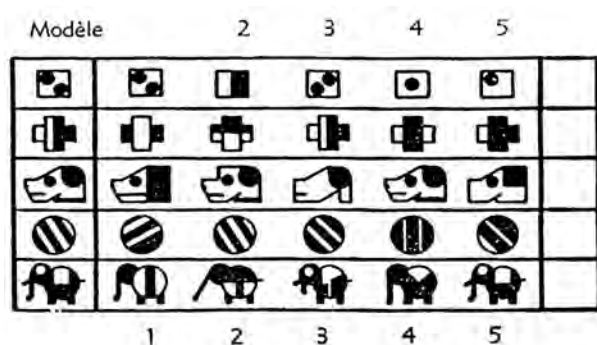


Figure 5 : Exemples d'items de la BORB [4], Comparaison de la position d'un espace (identique ou non).

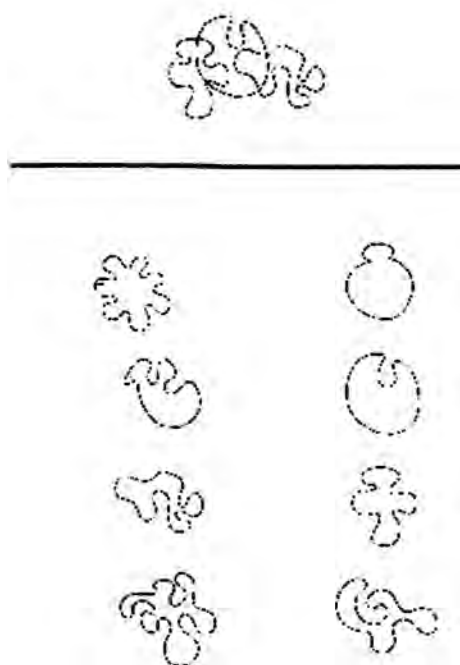
L'agnosie intégrative est un second type d'agnosie provoquée par un déficit soit du processus d'intégration des traits dans une forme globale soit du processus de segmentation de formes alors que les capacités d'extraction des traits élémentaires sont préservées. L'existence de cette agnosie visuelle peut être recherchée par l'intermédiaire de deux épreuves : 1) une épreuve de jugement identique de formes géométriques complexes et 2) une épreuve de figures enchevêtrées. L'épreuve de Thurstone [5], (**Fig. 6a**) est un exemple d'épreuve de jugement identique de formes géométriques complexes, elle consiste en quatre minutes à retrouver parmi cinq propositions celle qui est en tout point identique au modèle situé dans la colonne de gauche. Ce type de

CHAPITRE III.9. QUEL BILAN D'APTITUDE DEVANT UNE ATTEINTE NEUROVISUELLE ?

tâche nécessite une intégration correcte de traits visuels en une forme globale pour ne pas choisir un distracteur proche de la cible. L'épreuve de figures enchevêtrées nécessite l'intervention des processus de ségrégation figure/fond pour permettre de désigner les objets constituant une figure enchevêtrée (cf. **Fig. 6b**, issue du Protocole d'évaluation des Gnosies Visuelles de Montréal Toulouse ; [6]).



a) Exemples de l'épreuve de Thurstone [5]



b) Exemple issu du Protocole d'Evaluation des Gnosies visuelles de Montréal Toulouse [6]

Figures 6a et b : Exemples d'épreuves de jugement de figures identiques et de jugement de figures enchevêtrées.

L'agnosie de transformation est provoquée par un déficit des capacités du processus permettant la construction en trois dimensions d'une représentation interne correspondant à un objet perçu. L'évaluation du fonctionnement de ce processus utilise habituellement des vues prototypiques et non – prototypiques d'objets. Riddoch et Humphreys (1993) proposent dans la BORB, plusieurs épreuves d'appariement de vues différentes (**Fig. 7**) dont le principe est toujours le même : juger parmi deux propositions celle qui représente une autre vue de l'objet représenté au dessus.

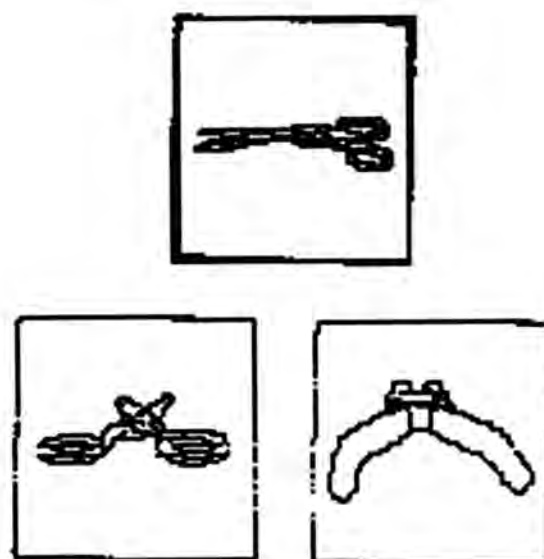


Figure 7 : Exemple d'appariement de vues différentes d'un même objet. Exemple issu de la BORB [4].

L'agnosie visuelle par atteinte du système de descriptions structurales des objets est le quatrième type d'agnosie. Le système de description structurale des objets est un stock mnésique qui renferme nos connaissances sur la forme visuelle des objets indépendamment de toutes autres connaissances spécifiques aux objets (comme leurs noms, fonctions, bruits, utilisations, odeurs...). L'intégrité de ce processus est classiquement évaluée à l'aide d'une épreuve de décision d'objets dont des exemples toujours issus de la BORB sont présentés en figure 8. Le principe de cette épreuve est de présenter au patient des objets réels (items naturels ou fabriqués) et des non – objets qui peuvent être soit constitués de parties de deux objets réels distincts (comme les exemples présentés dans la figure 8)

soit des chimères (exemple l'exemple de la figure 9). Le patient doit alors décider pour chaque présentation si cela est un objet réel ou non.



Figure 8 : Exemples de non – objets issus de la BORB [4].



Figure 9 : Exemple de non – objet de type chimère.

Une agnosie visuelle due à un déficit du système sémantique est le dernier type d'agnosie prédit par le modèle cognitif de Riddoch et Humphreys (2001), il s'observera quel que soit le mode de présentation des objets (visuelle, verbale ou auditive). De ce fait, le déficit de la reconnaissance n'est plus spécifique à la vision. Il semble que ce déficit se superpose à d'autres pathologies neuropsychologiques décrites dans la littérature comme les troubles de la mémoire sémantique [7, 8]. Nous n'aborderons donc pas la description d'épreuves permettant de le mettre en évidence.

L'hypothèse d'un dysfonctionnement occipito-pariétal hémisphérique droit provoquant un syndrome de négligence visuo-spatiale peut être supposé à partir de l'observation de la posture du patient. En effet, il est habituellement observé chez les patients négligents une déviation du tronc, de la tête et des yeux vers la droite. Il est coutume de dire que les patients négligents regardent leur lésion cérébrale. Selon Robertson et Haligan [9], il existe plus de 60 tests pour évaluer la présence d'un syndrome de négligence. Ces tests ont été conçus souvent de manière empirique, ils ont porté essentiellement sur

la sphère visuelle, et tous ne possèdent pas de validation et de normalisation fiable. Globalement, la procédure d'évaluation d'un syndrome de négligence spatiale utilise trois catégories d'épreuves : 1) des épreuves papier-crayon, 2) des épreuves informatisées et 3) des épreuves comportementales. Selon les contraintes de temps ou encore la fatigabilité du patient, il est possible de proposer au patient négligent de réaliser qu'une seule de ces 3 catégories d'épreuves. Les épreuves papier-crayon habituelles pour mettre en évidence un syndrome de négligence évaluent les capacités d'exploration visuo-spatiale en utilisant soit du matériel visuel soit du matériel linguistique. L'objectif de ces tâches est de révéler les signes cliniques de ce syndrome soit : une surutilisation de l'espace ipsilatéral à la lésion (le plus fréquemment une lésion hémisphérique droite) qui va de paire avec l'omission des éléments situés dans l'espace contralésionnel à la lésion et des déviations vers l'espace droit. Ces signes cliniques peuvent être observés au cours de tâches d'exploration visuelle dont la plus usuelle est le Test de Cloches [10] ; (**Fig. 10**) où il est demandé au participant d'entourer toutes les cloches présentes sur une feuille de format A4. La procédure normale pour réaliser cette épreuve de barrage est de commencer par la cloche située en haut à gauche et de rechercher les autres cloches à l'aide d'une recherche en ligne. En revanche, les patients négligents débutent par la cloche située en haut à droite, procède en colonne de haut en bas et omettent les cloches situées sur la moitié gauche de la feuille (**Fig. 10**).

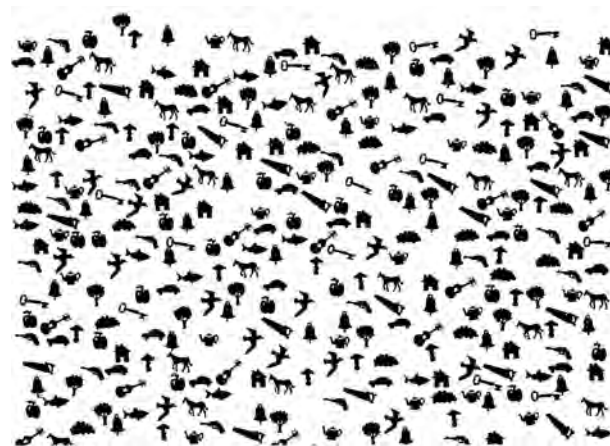


Figure 10 : Le test des Cloches [10].

CHAPITRE III.9. QUEL BILAN D'APTITUDE DEVANT UNE ATTEINTE NEUROVISUELLE ?

Le test des Cloches peut également être couplé par la passation du Test d'Albert [11] qui consiste à barrer tous les segments de droites présents sur une feuille A4. La production typique d'un patient négligent est d'omettre les segments de droite situés sur la partie gauche mais aussi de disséquer deux fois un même segment de droite car la première marque n'est pas traitée par le patient qui estime ne pas avoir fait la tâche demandée (Fig. 11). Tous ces signes cliniques peuvent également être observés lors d'une tâche de copie de dessin ou au cours de tâches de lecture ou d'écriture (Fig. 12, 13).

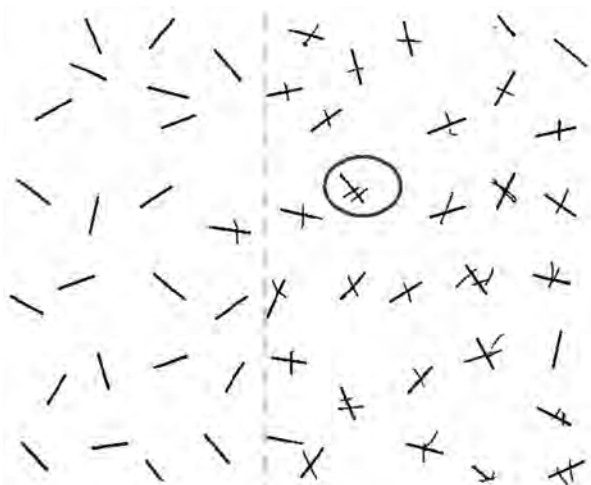


Figure 11 : Test d'Albert (1973).

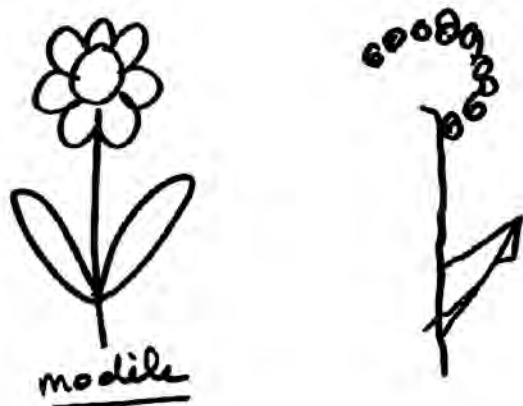


Figure 12 : Exemple de la copie d'une margueritte par un patient négligent.

LECTURE
TEXTE II

La peur.

Mon cousin Bernard était singulièrement poltron surtout la nuit. Je me moquai tant de sa frayeur que monsieur Lambercier, ennuyé de ses vanteries, voulut mettre mon courage à l'épreuve. Un soir d'automne qu'il faisait très obscur, il me donna la clef du tombeau et me dit d'aller chercher, dans la chaire, la bible qu'on y avait laissée. Il ajouta, pour me piquer d'honneur, quelques mots qui me mirent dans l'impuissance de reculer. Je partis sans lumière; et si j'en avais eu, s'aurait été peut-être pis encore. Il fallait passer par le cimetière; je le traversai gaillardement, car tant que je me sentais en plein air, je n'eus jamais aucune frayeur nocturne.

En ouvrant la porte, j'entendis à la voûte au certain retentissement que je crus rassembler à des voix, et qui commença à ébranler ma femme romaine. La porte ouverte, je voulus entrer, mais à peine eus-je fait quelques pas que je m'arrêtai. En apercevant l'obscurité profonde qui régnait dans ce vaste lieu, je fus saisi d'une terreur qui me fit dresser les cheveux; je rétrograde, je sors, je me mets à fuir tout tremblant.

VISUAL NEGLECT.

conventional physiotherapy & occupational therapy tends to concentrate on Motor, and Hand/eye, Skills rather than on perceptual function unaware treatment specific to visual spatial neglect has been available for more than ten years. It Parkey consists of techniques designed to increase awareness of their perceptual disability and to cue and thus facilitate visual neglect towards the neglected side.

Figure 13 : Exemples de productions de lecture et d'écriture de patients négligents.

Ces épreuves papier-crayon ont été regroupées dans diverses batteries de tests dont l'objectif était de proposer des épreuves testant le syndrome de négligence dans plusieurs modalités sensorielles comme la vision, la modalité tactile ou encore la modalité auditive. En France, la batterie la plus utilisée est celle proposée par le GEREN (Groupe d'Etude sur la Rééducation et l'Evaluation de la Négligence, 2002 - 12).

Plus récemment encore, l'évaluation de la négligence a bénéficié de la mise en œuvre d'outils informatisés tels que la TAP [13] ou encore la BAWL développée par Michel Leclercq à l'université de Namur. Ces deux outils informatisés ont été conçus pour évaluer les différents aspects de l'attention qui sont la vigilance, l'attention sélective et le contrôle attentionnel (cf. chapitre 3.1.10). L'attention sélective étant le processus impliqué pour rendre compte du syndrome de négligence, ces deux outils informatisés fournissent aux cliniciens des mesures plus sensibles. En effet, selon Zimmermann [14], les outils informatisés ont plusieurs avantages pour l'évaluation de l'attention. Le premier est qu'ils permettent un contrôle précis des différentes variables en jeu réduisant l'implication d'autres fonctions cognitives comme le langage ou la mémoire dans la résolution de la tâche cognitive. Ils permettent aussi de réduire l'influence d'autres déficits sur les capacités attentionnelles, comme par exemple les troubles moteurs ou sensoriels. De plus, leur élaboration repose sur des modèles théoriques permettant des évaluations très précises des différentes fonctions attentionnelles. Ils sont plus ludiques et plus écologiques que certains tests « papier-crayon ».

La dernière catégorie d'épreuves permettant d'évaluer un syndrome de négligence spatiale est constituée d'épreuves (BIT 15) ou d'échelles [16] qui ne tentent pas d'appréhender le syndrome de négligence en fonction de modèle cognitif mais elles évaluent le retentissement fonctionnel de la négligence au cours de la vie quotidienne à l'aide soit de tâches plus écologiques comme composer un numéro de téléphone, se déplacer sur un plan ou encore manipuler de l'argent (épreuves de la BIT) soit d'échelles. L'échelle ECB propose au patient, à un thérapeute et à une personne de l'entourage du patient

d'estimer sur une échelle en 4 points si le patient est en difficulté avec l'espace gauche au cours de ses déplacements, de sa toilette, de ses repas et cela à partir de l'observation de situations de la vie quotidienne.

IX.2. Le retentissement fonctionnel d'une atteinte neuro-visuelle sur les déplacements, la qualité de vie.

Au niveau des conséquences des troubles cognitifs sur le quotidien, l'évaluation et la prise en charge des troubles de négligence spatiale relèvent d'une approche écologique et ergothérapique. Les troubles visuospatiaux peuvent retentir sur de nombreuses activités de la vie quotidienne, dont certaines font l'objet de tests dits comportementaux (le *Rivermead Behavioural Inattention test* : RBIT) comme manger un repas, composer un numéro de téléphone, lire un menu, lire l'heure, régler l'heure, trier des pièces, copier une adresse, et suivre une route sur une carte. Ces épreuves permettent d'évaluer l'importance de l'incapacité, variable d'un sujet à l'autre.

Par ailleurs, le syndrome d'héminégligence est souvent associé à une hémiplégie gauche, à des déficits somesthésiques ou visuels gauches. Il constitue alors un facteur de mauvais pronostic qui aggrave le handicap moteur existant. En effet, les perturbations visuo-spatiales et les troubles de l'image corporelle associés au déficit moteur rendraient la reprise de la marche plus difficile.

Enfin, concernant la conduite automobile, un champ visuel attentionnel (cf chapitre 3.2 *L'évaluation neuropsychologique*) et un essai sur simulateur de conduite (cf chapitre 3.4 *L'intérêt des simulateurs de conduite*) permettent de compléter le bilan neuropsychologique afin d'apprécier la possibilité de la reprise ou non de celle-ci.

IX.3. Atteinte neurovisuelle et aptitude professionnelle.

Les conséquences des troubles visuospatiaux étant très variables d'un sujet à l'autre, une mise en situation professionnelle est nécessaire avant de déterminer l'aptitude à un poste de travail.

REFERENCES

1. **Vighetto A.** Exploration de la fonction visuelle. In M-A. Hénaff, C. Belin & M. Boucart (Eds). *Vision : Aspects perceptifs et cognitifs* Marseille : Ed Solal. 1998, pp. 77 — 88
2. **Riddoch MJ, Humphreys GW.** Object Recognition. In B. Rapp. *The handbook of cognitive neuropsychology. What deficits reveal about the human mind*, Philadelphia : Psychology Press. 2001, pp. 45 — 74
3. **Efron R.** What is perception ? *Boston studies in Philosophy of science*, 1969. 4, 137-173.
4. **Riddoch MJ, Humphreys GW.** *Birmingham Object Recognition Battery (BORB)*. Hove : Lawrence Erlbaum. 1993
5. **Thurstone LL.** *Test des formes identiques*. Paris, Editions du Centre de Psychologie Appliquée. 1952
6. **Agniel A, Joannette Y, Doyon B, Duchéin C.** *Protocole d'évaluation desgnosies visuelles — PEGV*. Isbergues, L'Ortho Edition. 1992
7. **Shelton JR, Caramazza A.** The organization of semantic memory. In B. Rapp. *The handbook of cognitive neuropsychology. What deficits reveal about the human mind*, Philadelphia : Psychology Press. 2001, pp. 423 — 443).
8. **Samson D.** Evaluation et rééducation des troubles sémantiques. In C. Belin, G. Aubin, D. David & MP. De Partz. *Actualités en pathologie du langage et de la communication*, Marseille : Ed Solal. 2001, pp. 103 — 129
9. **Robertson IH, Halligan PW.** Spatial neglect : A clinical Handbook for Diagnosis and treatmentin Karnath, Hove. *Psychology press*. 1999
10. **Gauthier L, Dehaut F, Joannette Y.** The Bells Test : A quantitative and qualitative test fo visual neglect. *International Journal of Clinical Neuropsychology*, 1989, 11, 49-54.
11. **Albert ML.** A simple test of visual neglect. *Neurology*, 1973, 23 (6), 658-64.
12. **Rousseaux M, Beis JM, Pradat-Diehl P, Martin Y, Bartolomeo P, Bernati T, et al.** Présentation d'une batterie de dépistage de la négligence spatiale. Normes et effet de l'âge, du niveau d'éducation, du sexe, de la main et de la latéralité. *Revue Neurologique*. 2001 ; 157 : 1385-400.
13. **Zimmermann P, Fimm B.** TAP — Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung [TAP – Test Battery for Attentionnal Performance]. Herzogenrath : Psytest. 2009
14. **Zimmermann P.** L'évaluation informatisée de l'attention. In J. Couillet, M. Leclercq, C. Moroni & P. Azouvi, *La neuropsychologie de l'attention*. Marseille : Ed Solal, 2001, pp. 175-192
15. **Wilson B, Cockburn J, Halligan P.** Behavioural Inattention Test. Titchfield, Hants : Thames Valley Test Company. 1987
16. **Bergego C, Azouvi P, Samuel C, Marchal F, Louis-Dreyfus A, Jokic C, Morin L, Renard C, Pradat-Diehl P, Deloche G.** Validation d'une échelle fonctionnelle de l'héminégligence dans la vie quotidienne : l'échelle CB. *Annales de réadaptation et de médecine physique*, 1995, 38, 183-189.

NOTIONS DE PHOTOMÉTRIE

J. CHARLIER

X.1. Comment mesurer la lumière ?

Le plus simple est d'utiliser un luxmètre. Ce dernier mesure l'éclairement reçu par un capteur. On peut ainsi mesurer l'éclairement reçu par l'œil en plaçant ce capteur juste devant l'œil et en l'orientant vers la source de lumière.



Figure 1 : Exemple de luxmètre : La surface blanche de la sonde capte la lumière incidente

La mesure du luxmètre est exprimée en lux. Un luxmètre ne fournit des mesures que pour les lumières émises dans le domaine visible. Ces mesures sont en effet pondérées en fonction de la sensibilité de l'œil. Pour les lumières émises en dehors du spectre visible (proche ultra-violet et proche infra-rouge par exemple), il est nécessaire d'utiliser des appareils de mesure de l'éclairement énergétique (mesures exprimées watt/ m²).

X.2. Eclairement et luminance

Alors que l'éclairement indique ce qui est reçu par une surface et se mesure avec un luxmètre, il est aussi possible de mesurer l'émission d'une source de lumière ou luminance à l'aide d'un luminance-mètre. Ce type d'appareil, beaucoup plus coûteux que le luxmètre, fournit des mesures exprimées en candelas par mètre carré (cd/m²). A noter que cer-

tains auteurs utilisent encore une ancienne unité de luminance qui est l'apostilb (asb). La conversion est heureusement fort simple : 1 asb = 0,3183 cd/m².

X.3. Niveaux de luminance caractéristiques

Le tableau suivant résume quelques niveaux de luminance caractéristiques :

Le domaine scotopique s'étend de 10⁻⁶ à 10⁻³

Niveau de luminance (cd/m ²)	Fonction rétinienne	Ambiance
10 ⁻⁶	Seuil absolu de perception lumineuse	
10 ⁻⁶ - 10 ⁻³	Scotopique (bâtonnets)	Nocturne
10 ⁻³	Seuil de sensibilité des cônes.	
10 ⁻³ - 10 ⁺¹	Mésopique (bâtonnets +cônes)	Crépusculaire
10 ⁺¹	Début de la saturation des bâtonnets.	
10 ⁺¹ - ...	Photopique (cônes)	Diurne
10 ⁺⁸	Risque de brulure de la rétine	

cd/m² et correspond à la vision nocturne (seuls les bâtonnets de la rétine répondent).

Le domaine mésopique s'étend de 10⁻³ à 10⁺¹ cd/m² et correspond au fonctionnement simultané des bâtonnets et des cônes.

Le domaine photopique se situe au-delà de 10⁺¹ cd/m² et correspond à la vision diurne (seuls les cônes de la rétine répondent).

X.4. Les contrastes

Le contraste permet de différencier des objets de leur environnement. Citons comme exemples la poignée d'une porte, l'entrée d'un immeuble, un panneau d'avertissement...

Un objet peut être distingué de son environnement en raison d'une différence de luminance.

La perception du contraste est relative. Ce qui compte c'est le rapport entre cette différence et la luminance de l'environnement, ou rapport de contraste :

Rapport de contraste = $(L_{\text{objet}} - L_{\text{environnement}}) / L_{\text{environnement}}$

Il existe ainsi des recommandations dans le domaine de l'accessibilité des locaux (exemple AS1428.1-2009) spécifiant un rapport de contraste minimum de 30% pour les éléments de portes, de WC...

Il faut noter cependant que dans de nombreux cas concrets il faudrait faire intervenir également les différences de couleur des objets... Les mesures deviennent alors beaucoup plus complexes. Suivant la norme ISO 24502 (Ergonomie — Conception accessible), il faut alors tenir compte du spectre d'émission (longueurs d'onde de la lumière émise) mais aussi de l'âge de l'observateur car la sensibilité aux différentes longueurs d'onde varie en fonction de l'âge...