

UNE BONNE CORRECTION DE LA VUE POUR UNE CONDUITE SÛRE : LE LIEN EST DÉMONTRÉ.

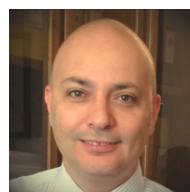
Les résultats d'analyses optométriques communiqués ici ont pour objectif de lancer le débat sur le lien entre une bonne acuité visuelle, une vision binoculaire efficace et d'autres facultés nécessaires à la conduite. Des symptômes significatifs mentionnés par les conducteurs viennent par ailleurs étayer ces résultats. Il ressort des études expérimentales que l'acuité visuelle binoculaire, particulièrement en cas d'anisométrie, a un impact sur la vitesse de perception des distances (vitesse stéréo). Elles démontrent également le rôle de l'acuité visuelle dans la sensibilité à l'éblouissement et la vision photopique. La mesure des temps de réaction œil-main et œil-pied a, d'autre part, mis en évidence l'impact d'un champ visuel limité sur la vitesse de réaction face à un stimulus visuel.



 Pr. Silvia TAVAZZI

Silvia Tavazzi est maître de conférences en physique au Département Sciences des matériaux de l'université de Milano-Bicocca et au COMiB (centre universitaire de recherche en optique et optométrie de Milano-Bicocca), 55 Via Cozzi, I-20125 Milan (Italie).

Elle est diplômée en physique (1999) et titulaire d'un doctorat en sciences des matériaux (2002). Avant 2012, elle axait principalement ses recherches sur les caractéristiques optiques UV-visible des matériaux moléculaires. Plus récemment, elle s'est tournée vers les matériaux et systèmes optiques pour les applications ophtalmiques et optométriques. Elle a dirigé plusieurs programmes de recherches, qui ont donné lieu à la publication de 79 articles scientifiques dans des revues révisées par des comités de lecture.

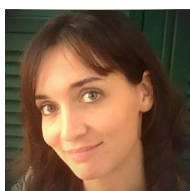


 Dr Renzo VELATI

Renzo Velati est optométriste et thérapeute du comportement, spécialisé dans les anomalies binoculaires de la vision dans le sport et les problèmes de vue liés à l'apprentissage.

Il est titulaire d'un diplôme d'optique et d'optométrie obtenu en 2005 à l'Université de Milano-Bicocca, où il a enseigné l'optométrie clinique en qualité de professeur sous contrat.

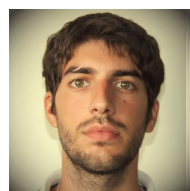
Il est actuellement responsable de plusieurs activités cliniques en optique et optométrie pour les professionnels, l'éducation et la recherche.



 Dr Arianna BOTTARINI

Arianna Bottarini est psychologue et psychothérapeute cognitivo-comportementale. Elle est titulaire d'un diplôme de psychologie obtenu en 2005 à l'université catholique du Sacré Cœur de Milan et d'un diplôme de psychothérapie obtenu en 2012 au Miller Institute.

Opératrice de biofeedback et neurofeedback et experte en neuropsychologie, elle a obtenu son diplôme (Master II) en 2013.



 Federico REA

Federico Rea est statisticien. Il est titulaire d'un diplôme de statistique obtenu en 2013 à l'Université de Milano-Bicocca ainsi que d'un master obtenu en 2016. Il travaille en tant que collaborateur au Département de statistiques et méthodes quantitatives de l'Université de Milano-Bicocca. Federico Rea est statisticien.

MOTS CLÉS

conduite, sécurité routière, performances visuelles, anisométrie, acuité visuelle, sensibilité à l'éblouissement, perception de la profondeur, rapidité de perception, vitesse stéréo, sensibilité au contraste, binocularité, perception chromatique, vision mésopique, récupération après éblouissement, champ de vision, champ visuel, vitesse de réaction œil-main, vitesse de réaction œil-pied, faculté d'orientation spatiale



« Il ressort des études expérimentales que l'acuité visuelle binoculaire, particulièrement en cas d'anisométrie, a un impact sur la vitesse de perception des distances (vitesse stéréo). »

L'obtention du permis de conduire doit être soumise à une évaluation de l'acuité visuelle, du champ visuel, de la vision mésopique, de la sensibilité à l'éblouissement, de la diplopie et des fonctions visuelles susceptibles d'affecter l'aptitude à conduire. Pour cette étude, les participants ont également été soumis à une évaluation de la sensibilité au contraste, de la récupération après éblouissement, de la sensibilité à l'éblouissement et de l'acuité visuelle mésopique. En revanche, certains tests ont été exclus des nouvelles normes européennes, notamment sur le degré de précision de la réfraction, la différence dioptrique entre les deux yeux, fixée auparavant à un seuil minimal de trois dioptries, l'effet stéréoscopique ou encore la vision des couleurs.

L'objectif de l'étude était double : évaluer les tout derniers tests afin de déterminer l'importance des critères mentionnés ci-dessus, et analyser le degré de précision de la réfraction et le sens stéréoscopique en vue de déterminer l'importance d'une bonne vision binoculaire.

Outre ces évaluations, nous souhaitons également comparer ces performances à d'autres aptitudes liées à l'attention visuelle, un facteur important pour la conduite d'un véhicule.

Méthode

L'étude a été divisée en deux étapes :

ÉTAPE 1 :

Analyses des performances visuelles et de l'attention de 170 sujets, en conservant l'éventuelle correction ophtalmique utilisée par le sujet.

PROTOCOLE :

1. Questionnaire relatif à l'état visuel et à l'état des yeux
2. Questionnaire relatif au comportement du conducteur
3. Mesure de la puissance optique de la possible correction ophtalmique utilisée
4. Mesure de la compensation optique nécessaire
5. Test d'acuité visuelle
6. Test de sensibilité à l'éblouissement (délai nécessaire pour reconnaître un optotype en vision de loin lorsque le sujet est ébloui par deux sources lumineuses)
7. Test de perception de la profondeur pour les objets éloignés (dispositif Howard-Dolman)

8. Test de perception de la profondeur pour les objets rapprochés (Super Stereoacuity Timed Tester)

9. Test de sensibilité au contraste (planches de Pelli-Robson)

10. Mesure de la vitesse stéréo (Super Stereoacuity Timed Tester)

11. Test de binocularité (dispositif Ergovision)

12. Test de perception chromatique (dispositif Ergovision)

13. Test de vision mésopique (dispositif Ergovision)

14. Mesure de la récupération après éblouissement (dispositif Ergovision)

15. Évaluation des limites du champ visuel (dispositif Ergovision)

16. Mesure de la vitesse de réaction œil-main (Wayne Saccadic Fixator)

17. Mesure de la vitesse de réaction œil-pied (Wayne Saccadic Fixator)

18. Trail Making Test (TMT) pour mesurer la faculté d'orientation spatiale dans une tâche de type visuo/motrice.

ÉTAPE 2 :

Analyse des données mesurées après prescription d'une correction ophtalmique optimale par des optométristes, pour un groupe de 24 sujets sélectionnés parmi les 170 sujets de l'étape précédente. Les points 5 à 18 du protocole ci-dessus ont été réitérés après application d'une correction adaptée.

Description de l'échantillon

Certaines caractéristiques de l'échantillon sont décrites au tableau 1.

Conclusions principales

Les principaux résultats sont résumés ici.

SYMPTOMATOLOGIE

Sur un échantillon de 170 personnes titulaires d'un permis de conduire, près de 24 % des sujets ont fait état de difficultés à voir des objets éloignés, et plus particulièrement les panneaux de signalisation routière. Vingt-trois pour cent (23 %) ont perçu une différence d'acuité visuelle entre l'œil droit et l'œil gauche. Trente-et-un pour cent (31 %) des sujets ont parfois ressenti une fatigue générale et une fatigue oculaire. Le pourcentage de sujets

	Étape 1 (n=170)	Étape 2 (n=24)
Homme	108 (63.5%)	17 (70.8%)
Âge		
18 - 35	41 (24.1%)	3 (12.5%)
35 - 60	89 (52.4%)	9 (37.5%)
60 - 85	40 (23.5%)	12 (50.0%)
Port de lunettes (le cas échéant)		
Parfois	35 (20.6%)	2 (8.3%)
Toujours	89 (52.4%)	19 (79.2%)

Tableau 1. Description de l'échantillon

éblouis ou gênés par la lumière est encore plus élevé (40 %). Trente-deux pour cent (32 %) ont éprouvé des difficultés visuelles en conduite de nuit. Vingt-quatre pour cent (24 %) ont déclaré éprouver des difficultés visuelles lorsque les conditions d'éclairage changent subitement.

Concernant le groupe de 24 sujets sélectionnés, les problèmes signalés étaient plus importants avant la prescription d'une correction adaptée. Bien qu'ils aient obtenu leur permis de conduire, leurs facultés visuelles n'étaient pas optimales, d'où la fréquence élevée de symptômes et de problèmes au volant (tableau 2).

VISION BINOCULAIRE vs STÉRÉOACUITÉ ET VITESSE STÉRÉO

L'analyse des résultats des tests optométriques montre que l'acuité visuelle, en particulier la différence d'acuité visuelle entre les deux yeux, joue un rôle dans la vision binoculaire, et donc dans la perception des distances. La perception des distances a été évaluée en termes de stéréoacuité et de perception de la profondeur à l'aide de deux instruments : Super Stereoacuity Timed Tester et dispositif Howard Dolman. Les valeurs de stéréoacuité mesurées étaient moins bonnes dans le cas de binocularité fragile (stéréoacuité moyenne d'environ 17 secondes d'arc) que dans le cas de binocularité stable (stéréoacuité moyenne d'environ 10 secondes d'arc) ; la perception de la profondeur étant modifiée par rapport aux valeurs types des sujets à vision monoculaire (valeur moyenne mesurée pour la vision monoculaire égale à 36 secondes d'arc).

Bien qu'une prescription correcte ne permette pas d'améliorer la stéréoacuité, on a pu constater une amélioration des performances binoculaires, mesurée par un accroissement de la vitesse stéréo.

Il a notamment été observé qu'une correction adaptée permet d'accroître la vitesse de perception stéréoscopique locale (au-dessous de la signification statistique établie à 0,05) et la vitesse de perception stéréoscopique locale/ globale (au-dessous de la signification statistique établie à 0,05)

ACUITÉ VISUELLE vs SENSIBILITÉ À L'ÉBLOUISSEMENT ET VISION PHOTOPIQUE

L'importance d'une bonne acuité visuelle pour d'autres aptitudes visuelles nécessaires à la conduite a également été démontrée. Un lien significatif (au-dessous de la signification statistique établie à 0,05) a notamment été établi entre acuité visuelle et sensibilité à l'éblouissement. Il s'agit, en effet, du temps nécessaire pour reconnaître un optotype dans des conditions d'éblouissement. Les sujets bénéficiant d'une acuité visuelle supérieure ou égale à 10/10 ont montré un temps de réaction moyen de 1,95 s, contre un temps moyen de 2,15 s pour les sujets dont l'acuité visuelle était inférieure à 10/10. En termes de temps de réaction, la différence entre ces deux groupes d'acuité visuelle différente était importante sur le plan statistique (au-dessous de la signification statistique établie à 0,05).

Ce résultat est prouvé chez les sujets dont la compensation ophtalmique a été optimisée. Après application d'une prescription correcte, l'acuité visuelle s'est améliorée et le temps de réaction à l'éblouissement a diminué. Les valeurs moyennes (1,93 s) étaient alors comparables à celles de l'autre groupe (acuité visuelle supérieure ou égale à 10/10).

Comme on pouvait s'y attendre, la vision photopique était généralement meilleure chez les sujets présentant une meilleure acuité visuelle. Dans les cas de compensation ophtalmique inappropriée, l'introduction d'une correction optimale a entraîné une amélioration prononcée de l'acuité visuelle crépusculaire de 4/10 à 7/10, avec des différences statistiquement significatives (au-dessous de la signification statistique établie à 0,05).

CHAMP VISUEL vs TEMPS DE RÉACTION

Les mesures ont démontré que les limitations du champ visuel sont liées au temps de réaction oeil-main et oeil-pied, et plus particulièrement à la vitesse de réaction à un stimulus visuel. Les individus présentant des limitations du champ visuel ont respectivement montré des temps de réaction moyens oeil-main et oeil-pied de 0,94 s et 0,66 s, contre des valeurs moyennes de 0,77 et 0,56 s pour les sujets à champ visuel sans limitations spécifiques. Des différences statistiques significatives (au-dessous de la signification statistique établie à 0,05) ont été constatées aussi bien pour la réaction oeil-main que pour la réaction oeil-pied entre les deux groupes de sujets, à savoir avec et sans champ visuel limité.

RAPPORT À L'ÂGE

Aucune différence notable de performances visuelles n'a été constatée entre les individus du groupe de 18-35 ans et ceux du groupe de 35-60 ans. En revanche, une baisse significative sur le plan statistique a été constatée pour de nombreuses valeurs chez les sujets de 60-85 ans par rapport aux groupes précédents (tableau 3) recognize a character in glare condition. The subjects with visual acuity greater than or equal to 10/10 showed on average a response time equal to 1.95s, compared with the average results (2. 15 s) obtained from the subjects with visual


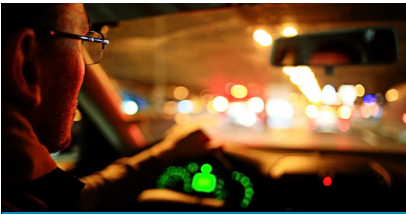




Symptômes	Sujets de l'étape 1 (n=170)	Étape 2 (n=24) avant compensation ophtalmique optimale
 <p>Éblouissement et lumières gênantes</p>	40%	41%
 <p>Difficulté à voir en conduite de nuit</p>	32%	33%
 <p>Paupières lourdes et yeux fatigués</p>	31%	21%
 <p>Difficultés en vision de loin</p>	24%	46%
 <p>Difficultés en luminosité variable</p>	24%	21%
 <p>Différence de vision entre oeil D/G</p>	23%	33%

Tableau 2. Symptomatologie

	18-35 ans	35-60 ans	60-85 ans
Acuité visuelle	> 14/10	légèrement < 14/10	10/10
Stéréoacuité	10,5 s/arc	10,5 s/arc	13,8 s/arc
Vitesse de récupération stéréo locale après éblouissement (apparente)	2 s	2 s	2.30 s
Vitesse stéréo globale/locale (apparente)	3.17 s/arc per sec	2.18 s/arc par seconde	1.87 s/arc par seconde
Temps de réaction oeil-main apparent	3.81s/arc per sec	2.46 s/arc par seconde	2.10 s/arc par seconde
Temps de réaction oeil-pied apparent	0.623 s	0.643 s	0.707 s
Temps de réaction oeil-main latent	0.522 s	0.494 s	0.549 s
Temps de réaction oeil-pied latent	0,765 s	0,766 s	0,823 s
TMT A	0,566 s	0,536 s	0,598 s
TMT B-A	23 s	23 s	31 s
	18 s	19 s	33 s

Tableau 3. Impact de l'âge sur les performances visuelles

L'acuité visuelle moyenne des trois groupes d'âge était respectivement supérieure à 14/10, légèrement inférieure à 14/10 et d'environ 10/10. Le temps moyen qu'un sujet met pour reconnaître un objet dans des conditions d'éblouissement est passé d'environ 2 s pour les deux premiers groupes d'âge à 2,3 s pour les 60-85 ans. Dans les deux premiers groupes, les performances de stéréoacuité ont diminué avec l'âge, la valeur passant de 10,5 secondes d'arc à 13,8 secondes d'arc pour les plus âgés.

Une diminution progressive de la vitesse stéréo locale a été observée au fil de l'âge : respectivement 3,2, 2,2 et 1,9 seconde(s) d'arc/s. Des résultats similaires ont été observés pour la vitesse stéréo globale/locale.

Concernant la vitesse de réaction oeil-main, avec attention apparente, les valeurs moyennes oscillaient entre 0,62 s et 0,64 s, jusqu'à 0,71 s. Les données moyennes correspondantes en cas de problème latent étaient de 0,77, 0,77 et 0,82 s. Pour la

réaction oeil-pied, les résultats moyens étaient de 0,52, 0,49 et 0,55 s (apparent), et 0,57, 0,54 et 0,60 s (latent). Les données des Trail-Making Tests (TMT) font également état de tendances manifestes en termes d'âge : 23 s chez les deux premiers groupes et 31 s chez les plus âgés pour le TMT-A (faculté de traitement visuel) et respectivement 18 s, 19 s et 33 s pour le TM B-A (flexibilité cognitive) (Tableau 3).

DE L'IMPORTANCE D'UNE COMPENSATION OPHTHALMIQUE APPROPRIÉE

Une correction ophtalmique rendue optimale chez les sujets de l'Étape 2 (n=24) a permis d'améliorer l'acuité visuelle, la binocularité et le confort visuel pour ce qui suit :

- Augmentation de la stéréopsie et/ou de la vitesse de perception de la profondeur
- Augmentation de la sensibilité à l'éblouissement
- Augmentation de l'acuité visuelle crépusculaire
- Augmentation de la réaction à l'éblouissement



Tout le monde sait bien que la capacité d'un conducteur à percevoir les informations visuelles est indispensable à une conduite sûre¹, 2. Malheureusement, de nombreux facteurs peuvent perturber la vision du conducteur, comme l'éblouissement, l'absence de correction ou une correction inadaptée. La sécurité de tous dépend de la capacité du conducteur à bien voir. Aussi, nous devons veiller à ce que le débat sur le thème « vision et conduite » soit entendu à l'échelle internationale. Bien que le thème de la vision soit absent du récent rapport des Nations Unies sur la sécurité routière, le dialogue sur ce problème important n'a pas pour autant pris fin. De nombreux organismes et groupes de travail à travers le monde continuent d'alimenter les débats sur les normes de vision pour les conducteurs.

L'Observatoire des enjeux de la vision (Vision Impact Institute) travaille assidûment avec ses partenaires dans ce domaine. Cette année, l'institut a ajouté pas moins de vingt études sur le thème « vision et conduite » aux recherches disponibles sur son site Web. L'Observatoire des enjeux de la vision s'appuie sur un processus d'évaluations systématiques pour identifier les lacunes mondiales dans ce domaine et les combler afin de donner du poids à sa demande de changements.

Au vu des études portant sur la sécurité routière et la vision, il est évident que nous avons encore fort à faire. Il en ressort, en effet, que 60 % des accidents de la route en Italie sont attribuables à des problèmes de vision³ et que 81 % des conducteurs impliqués dans un accident de la route en Inde ont au moins une déficience visuelle⁴. Ces études indiquent également que le coût des accidents de la route au seul Royaume-Uni s'élevait en 2012 à plus de 55 millions de dollars US⁵. Les normes visuelles pour la délivrance de permis de conduire varient d'un pays à l'autre en Europe, et d'un État à l'autre aux États-Unis⁶. Par conséquent, l'Observatoire des enjeux de la vision doit faire en sorte que les responsables politiques donnent la priorité à la santé visuelle et mettent en avant son importance pour une conduite plus sûre. Nous saluons les organismes et personnes, comme celles et ceux à l'initiative de ces recherches, qui prennent des mesures courageuses pour étendre le débat sur ce sujet. Continuons à collaborer pour « donner la parole à la vision » !



« Les conducteurs se plaignent de problèmes de vue liés à l'acuité visuelle, à la binocularité et à des conditions de luminosité variables. La prescription de verres correcteurs adaptés permet d'améliorer ces facultés visuelles. »

Discussion

Les résultats ci-dessus fournissent des données utiles pour l'élaboration d'un protocole spécifique d'évaluation des facultés visuelles et des capacités d'attention nécessaires à la conduite. Un protocole spécifique devrait également être défini pour les individus impliqués dans d'autres tâches spécifiques.

Conclusion

Les conducteurs se plaignent de problèmes de vue liés à l'acuité visuelle, à la binocularité et à des conditions de luminosité variables. La prescription de verres correcteurs adaptés permet d'améliorer ces facultés visuelles en compensant le défaut visuel, et en accélérant et améliorant par la même occasion la binocularité.

Les normes européennes d'obtention du permis de conduire permettent de mieux contrôler l'acuité et l'efficacité visuelles dans des conditions de luminosité variables. En revanche, elles tiennent moins compte du facteur 'binocularité', notamment concernant le niveau d'anisométrie toléré.

Un nouveau protocole d'analyses et de nouveaux critères sont souhaités dans ce domaine.

L'évaluation ci-dessus souligne également l'importance des professionnels de la vue pour réaliser une véritable évaluation des performances visuelles des conducteurs et, plus généralement, des individus impliqués dans des tâches spécifiques. •

RÉFÉRENCES

1. Owsley C., McGwin G., Vision impairment and driving, Survey of ophthalmology 43.6 (1999): 535-550. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0039625799000351>)
2. Owsley C., McGwin G., Vision and driving. Vision research 50,23 (2010): 2348-2361. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0042698910002531>)
3. Maffioletti S., Pocaterra R., Tavazzi S., The importance of precise sight correction for safe driving, Undergraduate Degree Course in Optics and Optometry, January 2009, https://vii-production.s3.amazonaws.com/uploads/research_article/pdf/511bca93155851f940000002/Maffioletti-2009.pdf
4. Deloitte Access Economics, Fit to Drive: a cost benefit analysis of more frequent eyesight testing for UK drivers, RSA Insurance Group plc, 2012, <http://www.roadssafetyobservatory.com/Evidence/Details/10808>
5. Verma A. et al., Assessment of driver vision functions in relation to their crash involvement in India, Current science 110.6 (2016): 1063-1072. (<https://visionimpactinstitute.org/research/assessment-driver-vision-functionsrelation-crash-involvement-india/>)
6. Colenbrander A., De Laey JJ., Vision Requirements for Driving Safety, International Council of Ophthalmology at the 30th World Ophthalmology Congress Sao Paulo, Brazil, February 2006, Report of the International Council of Ophthalmology, 2006, (<http://www.icoph.org/downloads/visionfordriving.pdf>)



INFORMATIONS CLÉS

- Les conducteurs se plaignent de problèmes de vue liés à l'acuité visuelle, à la binocularité et à des conditions de luminosité variables.
- Il ressort des études expérimentales que l'acuité visuelle binoculaire, particulièrement en cas d'anisométrie, a un impact sur la vitesse de perception des distances (vitesse stéréo).
- Un lien fort entre l'acuité visuelle et les deux fonctions; la sensibilité à l'éblouissement et la vision photopique, a également été établi.
- La mesure des temps de réaction oeil-main et oeil-pied a, d'autre part, mis en évidence l'impact d'un champ visuel limité sur la vitesse de réaction face à un stimulus visuel.
- La prescription de verres correcteurs adaptés permet d'améliorer les facultés visuelles.
- L'évaluation ci-dessus souligne également l'importance des professionnels de la vue pour réaliser une véritable évaluation des performances visuelles des conducteurs.
- Les normes européennes d'obtention du permis de conduire permettent de mieux contrôler l'acuité et l'efficacité visuelles dans des conditions de luminosité variables. En revanche, elles tiennent moins compte du facteur 'binocularité'.
- Un nouveau protocole d'analyses et de nouveaux critères sont souhaités dans ce domaine.