

Détecter l'apparition d'objets sur un fond visuel en mouvement

Loïc Caroux, Nicolas Vibert, Ludovic Le Bigot

► **To cite this version:**

Loïc Caroux, Nicolas Vibert, Ludovic Le Bigot. Détecter l'apparition d'objets sur un fond visuel en mouvement. Béatrice Cahour, Françoise Anceaux

Alain Giboin. EPIQUE 2009 - 5e colloque de psychologie ergonomique, Sep 2009, Nice, France. pp.293-298, 2009, Actes du 5ème colloque de psychologie ergonomique EPIQUE'2009. <hal-01018233>

HAL Id: hal-01018233

<https://hal.inria.fr/hal-01018233>

Submitted on 3 Jul 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Détecter l'apparition d'objets sur un fond visuel en mouvement

Loïc Caroux¹

loic.caroux@gmail.com

Nicolas Vibert¹

nicolas.vibert@univ-poitiers.fr

Ludovic Le Bigot¹

ludovic.le.bigot@univ-poitiers.fr

¹Centre de Recherches sur la Cognition et l'Apprentissage (CeRCA)
CNRS et Université de Poitiers, UMR 6234
Maison des Sciences de l'Homme et de la Société
99 avenue du recteur Pineau
86000 Poitiers

Catégorie de soumission : rencontres doctorales

RÉSUMÉ

L'objectif de thèse est d'observer et de comprendre les implications des choix de conception des interfaces visuelles des jeux vidéo sur le comportement du joueur. Les jeux vidéo, comme tous les environnements virtuels interactifs (EVI), présentent des scènes visuelles complexes qui requièrent une réflexion ergonomique différente de celle des interfaces classiques. En situation de déplacement virtuel, les mouvements dynamiques de l'environnement de jeu pourraient par exemple induire des mouvements oculaires optocinétiques préjudiciables au repérage d'informations importantes pour l'action de l'utilisateur-joueur. Le but des premières expérimentations est d'observer l'impact de stimuli visuels générateurs de ces réflexes sur la détection de l'apparition d'objets-cibles symboliques ou verbaux. Les résultats ouvriront la voie à des expérimentations dans des environnements plus écologiques qui feront intervenir multimodalité et interactivité. Ces travaux devraient permettre de proposer des solutions généralisables à d'autres types d'EVI.

MOTS-CLÉS

Jeux vidéo, environnements virtuels interactifs, mouvements oculaires, nystagmus optocinétique, cible

1 INTRODUCTION

1.1 Environnements virtuels interactifs, jeux vidéo et utilisabilité

Les systèmes interactifs complexes sont fréquemment utilisés pour simuler des situations réelles dans des contextes d'entraînement ou d'apprentissage. De nombreux processus cognitifs différents (attention, perception, résolution de problèmes) sont mobilisés au cours des tâches réalisées dans ces environnements. Par exemple, l'écran permet de présenter, superposées à la scène visuelle, des informations telles que des mots ou listes de mots, des données chiffrées et/ou des symboles. L'ensemble de ces éléments forme un environnement virtuel interactif (EVI). Une des caractéristiques des EVI est que des informations peuvent être présentées en permanence au cours de l'action, ou ponctuellement. Leur repérage rapide, leur mémorisation et leur compréhension sont des éléments majeurs de l'utilisabilité du système. L'utilisabilité des EVI tient à leur facilité d'utilisation, mesurable par la réussite à la tâche, la performance et la satisfaction de l'utilisateur. Les jeux vidéo présentent

toutes les caractéristiques des EVI. Les scènes visuelles sont souvent composées de fonds complexes (environnement du jeu), structurés, colorés, et en mouvement pour donner l'illusion d'un déplacement. Des informations symboliques et verbales (affichage tête haute) sont superposées à l'écran. Cette complexité va générer des échecs d'utilisation. Ceux-ci sont rarement imputables aux capacités limitées ou au manque d'habileté des utilisateurs-joueurs, mais plutôt à un déficit d'utilisabilité.

Une des raisons pour lesquelles l'utilisabilité des jeux vidéo est souvent sacrifiée au profit d'aspects esthétiques et scénaristiques est qu'actuellement, elle est conçue et évaluée par des méthodes employées pour toutes les interfaces. Les interfaces des jeux vidéo sont vues comme comparables à celles des autres logiciels ou applications informatiques. Or, certaines recherches montrent que l'utilisabilité d'un jeu vidéo ne peut être appréciée selon les mêmes critères (Barr, Noble, & Biddle, 2007). Par exemple, les mouvements d'ensemble du fond ne se rencontrent pas ou peu dans les interfaces logicielles classiques. Combinés avec l'activité, ces éléments peuvent provoquer une charge mentale trop importante à fort impact sur les performances des joueurs. Ceux-ci peuvent, au final, refuser d'effectuer certaines actions, ou ne pas percevoir l'apparition ou la modification d'informations importantes présentées par exemple en affichage tête haute (Ang, Zaphiris, & Mahmood, 2007). Des solutions ont été proposées, comme l'utilisation d'alertes auditives pour signaler l'arrivée d'informations, ou l'affichage des points de vie au-dessus de l'avatar du joueur. Toutefois, peu d'expérimentations ont été menées pour comprendre les déterminants visuels, mentaux et moteurs nécessaires au repérage et à la mémorisation des informations verbales ou symboliques sur l'écran. Les travaux de Wickens (e.g., Wickens, 2002) sur le partage de ressources attentionnelles dans le cadre d'environnements multitâches peuvent néanmoins fournir un cadre de réflexion.

Parmi les EVI, les jeux vidéo présentent des particularités. Par exemple, maximiser l'utilisabilité ne serait pas forcément une bonne solution, puisqu'un problème ergonomique en environnement classique peut être un élément de challenge dans un jeu (Ang et al., 2007). Toutefois, il faudrait pouvoir concevoir l'interface d'un jeu de sorte que seuls les éléments de challenge voulus par les créateurs soient sources de difficulté pour le joueur. Un des objectifs de la thèse sera de proposer des solutions pour éliminer les problèmes liés à l'absence de prise en compte des capacités cognitives de l'utilisateur dans la conception du jeu. Les résultats pourront s'appliquer à tous les systèmes assimilables à des EVI, puisque la prise en compte de la dimension de challenge supplémentaire du jeu permettra d'observer et analyser uniquement les données généralisables à l'ensemble des EVI.

1.2 Conception visuelle des environnements virtuels interactifs

Le premier objectif de la thèse vise à comprendre l'impact de différents choix de conception portant sur la localisation, la disposition et la saillance visuelle des informations présentées, sur la quantité d'informations fournies, ainsi que sur la nature des fonds d'écran utilisés. Les expérimentations feront varier la disposition et la nature des informations verbales ou iconiques présentées à l'écran. Elles feront aussi varier la nature du fond de présentation qui sera soit un fond « contrôle » structuré fixe, soit un fond structuré en mouvement similaire aux décors vus par les joueurs ou utilisateurs. Ces manipulations permettront de mesurer les interférences induites sur la détection et la manipulation des informations données par l'interface.

Les fonds structurés en mouvement pourraient induire des mouvements oculaires optocinétiques préjudiciables au repérage des informations superposées. Ces mouvements réflexes composés de deux phases, lente et rapide, sont comparables à une poursuite visuelle lente du mouvement du fond visuel (phase lente) qui serait régulièrement interrompue par des saccades oculaires dans la direction opposée (phases rapides). Il s'agit d'un « nystagmus optocinétique ». Kaminiarz, Krekelberg et Bremmer (2007) ont étudié comment des participants localisaient des points lumineux fixes durant des mouvements oculaires optocinétiques. Ils ont montré que pendant la phase lente du réflexe, une erreur de localisation était observée dans la direction du mouvement des yeux sans varier en fonction de la position de la cible. Si la localisation était demandée juste avant une phase rapide, l'erreur était dans la direction de la phase rapide qui suivait, alors que si la localisation était faite juste après, l'erreur était dans la direction inverse. Comme pour la phase lente, l'amplitude des erreurs n'était pas significativement fonction de la position de la cible.

Un second objectif de la thèse sera de déterminer si et comment les mouvements oculaires des utilisateurs reflètent les modifications de leur comportement. Les mouvements oculaires, qui reflètent les déplacements de l'attention du joueur et les traitements cognitifs (Liversedge & Findlay, 2000),

permettront de quantifier l'efficacité des mises en saillance et la vitesse des recherches d'information, et d'évaluer en temps réel l'impact d'alarmes ou d'instructions auditives. Les études existantes sur les jeux vidéo et les mouvements oculaires restent peu nombreuses et descriptives. Par exemple, Jennett et al. (2008) ont montré qu'une bonne « immersion » du joueur dans un jeu vidéo serait caractérisée par une diminution du nombre de fixations oculaires au cours du temps. El-Nasr et Yan (2006) ont quant à eux catégorisé les types de jeu en fonction du type d'attention visuelle qu'ils nécessitent.

Pour parvenir à des conclusions générales, le projet de thèse ne se basera pas sur des environnements existants, mais utilisera un matériel expérimental simple, contrôlé, conçu pour reproduire des conditions dans lesquels se trouvent un utilisateur quel que soit le système considéré. Le cadre théorique s'appuiera sur des études en psychologie et ergonomie cognitive dans les domaines de la recherche visuelle et auditive d'information (e.g., Spivey et al., 2001 ; Wolfe, 2003), des traitements cognitifs liés aux mouvements oculaires, et des processus d'apprentissage.

Les résultats devraient aboutir à des recommandations générales pour l'agencement des informations verbales présentées sur les écrans des systèmes interactifs. Elles permettront d'améliorer la lisibilité des interfaces, et d'optimiser l'accès aux informations. L'apprentissage de l'interface devrait être facilité, et les risques d'erreur limités. La compréhension des phénomènes d'interférence induits sur les mouvements oculaires par les fonds structurés ou en mouvements permettra de déterminer les effets de paramètres tels que la fréquence spatiale du décor ou sa vitesse de déplacement sur la visibilité des informations.

1.3 Présentation de la première étude

Le but de la première étude est d'observer les conséquences d'un fond structuré en mouvement sur la détection de cibles parmi des objets symboliques. Dans une situation de jeu vidéo, le fait d'observer une scène visuelle en mouvement pourrait détériorer le temps de recherche visuelle et de détection d'éléments d'information importants. La littérature sur la détection de cibles sur des fonds en mouvement est assez disparate. En situation de réflexe optocinétique, Kaminiarz et al. (2007) et Tozzi, Morrone et Burr (2007) ont seulement montré une détérioration de la localisation d'une cible lumineuse fixe déjà présente. Van Loon, Hooge et Van de Berg (2003) ont quant à eux montré des erreurs de détection de cible quand les éléments du fond étaient en mouvement vers l'avant de la scène (comme si le participant voyait l'environnement venir vers lui). Contrairement aux études citées, le principe de la présente étude est de vérifier les effets d'un fond en mouvement sur la détection d'une cible parmi d'autres objets en fonction de sa localisation, et non sur la localisation d'une cible unique.

L'hypothèse principale est qu'un fond en mouvement générateur d'un nystagmus optocinétique dégradera la performance de recherche visuelle et de détection d'une cible parmi plusieurs objets. Schématiquement, les jeux vidéo se composent d'un décor en mouvement ainsi que d'un avatar et d'autres éléments fixes, le tout contrôlé par le joueur. Pour comprendre les phénomènes sous-jacents, il est important de simplifier la scène visuelle. Dans un premier temps, une représentation en 2 dimensions sera utilisée, avec des éléments neutres contrôlés, présentés sur un décor neutre en mouvement constant.

Pour espérer observer l'effet attendu, il faut un stimulus qui génère systématiquement un nystagmus optocinétique chez les participants. Une pré-expérimentation a été faite pour déterminer le stimulus le plus efficace. Par ailleurs, les performances de recherche visuelle seront mesurées en fonction de la nature du fond visuel (fixe ou mouvant). Pour que tous les participants débutent leur recherche visuelle du même point, il est habituel d'utiliser un point de fixation initial quand le fond est fixe. Ce point de fixation pourrait cependant « annuler » le réflexe optocinétique en cas de mouvement du fond (Ilg, 1997). L'utilisation d'un « cadre de fixation » initial, dans lequel devait être maintenu le regard, a donc été testée pour vérifier que sa présence n'annulait pas le réflexe optocinétique.

2 PRE-EXPERIMENTATION DU STIMULUS OPTOCINETIQUE

2.1 Méthode

2.1.1 Participants

Huit participants (6 femmes, 2 hommes) âgés de 22 à 30 ans (moyenne $M = 26.6$ ans, écart-type $ET = 2.72$), ont été recrutés en tant que volontaires non-rémunérés.

2.1.2 Matériel

Deux types de stimuli générateurs de nystagmus optocinétique ont été créés à l'aide du logiciel Adobe Director 11. Le premier stimulus, utilisé par Kaminiarz et al. (2007), était un pattern aléatoire de points en mouvement projeté sur un écran. Les points noirs de taille 0.17° et de densité 0.39 point/cm² présentaient un mouvement d'ensemble continu de la droite vers la gauche à une vitesse de 10° /sec. Le fond de l'écran était homogène et de couleur grise. Le second stimulus, utilisé par Tozzi et al. (2007), était un pattern de rayures grises et blanches alternées selon des dégradés de profil sinusoïdal. Le pattern était en mouvement constant de la droite vers la gauche. Les effets sur les mouvements oculaires des deux types de stimuli optocinétiques ont été manipulés en l'absence ou en présence d'un « cadre de fixation » de couleur bleue présenté au centre de l'écran. Deux tailles différentes ont été utilisées : 3° et 6° d'angle visuel de côté.

2.1.3 Appareillage

Les stimuli générateurs du nystagmus optocinétique étaient projetés sur l'écran TFT 17'' et de résolution 1280×1024 pixels d'un oculomètre Tobii T120. Il s'agit d'un oculomètre portable qui utilise la technique de vidéo-oculographie binoculaire. Sa précision est de $0,5^\circ$ et sa vitesse d'échantillonnage de 120 Hz. Etant non-invasif, l'oculomètre permet d'expérimenter en situation quasi-naturelle. Le système était relié à un ordinateur qui enregistrait les données collectées par l'oculomètre et à un second ordinateur qui produisait les stimuli optocinétiques.

2.1.4 Design expérimental et procédure

Les passations ont eu lieu dans une salle silencieuse. Chaque participant était installé face à l'écran du Tobii à une distance du centre de l'écran d'environ 70 cm. Le type de stimulus optocinétique (points, rayures), et la présence et la taille du « cadre de fixation » (absent, 3° , 6°) étaient manipulés en intra-groupe. Les 12 essais (2 par condition) étaient contrebalancés. Pour chaque essai, le participant devait regarder librement l'écran (condition sans cadre) ou maintenir son regard dans le cadre de fixation pendant le défilement du stimulus. Chaque essai durait 60 secondes.

2.1.5 Observations qualitatives des mouvements oculaires

Deux indicateurs ont été retenus pour départager les différents stimuli testés. L'observation des données de mouvements oculaires (sens et vitesse du déplacement du regard) a permis de comparer la durée globale des phases de nystagmus optocinétique et les performances de maintien du regard dans le cadre de fixation dans les différentes conditions.

2.2 Résultats et choix du stimulus

L'observation qualitative des mouvements oculaires des participants indique clairement qu'en l'absence du cadre de fixation, les rayures induisent plus de phases de nystagmus optocinétique que les points. De fait, la majorité des participants a confirmé que les rayures étaient plus « gênantes » pour leur vision. L'efficacité du maintien du regard dans le cadre de fixation était par ailleurs aussi bonne avec le petit qu'avec le grand cadre, mais le cadre le plus petit tendait à faire disparaître les mouvements de nystagmus optocinétique, alors que les phases lentes et rapides restaient mieux visibles quand le grand cadre était utilisé. Pour l'expérimentation qui suit, le stimulus optocinétique utilisé a donc été le pattern de rayures associé à un cadre de fixation initial de 6° de côté.

3 EXPERIMENTATION

3.1 Méthode

3.1.1 Participants

Quarante-deux participants (36 femmes, 6 hommes) âgés de 17 à 39 ans ($M = 19.9$ ans, $ET = 3.28$), ont été recrutés en tant que volontaires non-rémunérés. Les participants avaient une vision normale ou corrigée au niveau normal. Aucun ne souffrait ni de dyschromatopsie ni d'épilepsie et aucun n'était fortement sensible au mal des transports.

3.1.2 Matériel et appareillage

Le stimulus générateur du nystagmus optocinétique utilisé était le pattern de rayures choisi plus haut. Un fond reproduisant le stimulus optocinétique sans mouvement a été utilisé en tant que fond fixe. Des cibles visuelles (taille : 1° d'angle, soit environ 1 cm) de formes géométriques symétriques pleines ou vides (disques, carrés, losanges, hexagones, triangles) ont été construites. Elles étaient de couleur noire ou blanche. Le cadre de fixation utilisé était de taille 6° d'angle visuel. L'appareillage était le même que celui utilisé lors de la pré-expérimentation, avec en plus un dispositif de réponse à 2 boutons.

3.1.3 Design expérimental et procédure

Les passations ont eu lieu dans une salle silencieuse. Chaque participant était installé face à l'écran du Tobii à une distance du centre de l'écran d'environ 70 cm. Les participants devaient effectuer une tâche de détection d'une cible parmi plusieurs objets pour la moitié des essais, ou d'absence de la cible pour l'autre moitié. Le type de fond (fixe ou mouvant) et le nombre d'objets présentés simultanément (3, 6 ou 9) étaient manipulés en intra-groupe. Les essais (20 par condition) étaient contrebalancés. Avant chaque bloc d'essais, un objet-cible était présenté au participant pendant 5 secondes. Le fond était ensuite affiché seul pendant 30 secondes. Puis, pour chaque essai, le participant devait regarder dans le « cadre de fixation » qui se superposait au fond pendant 3 secondes. Le cadre de fixation disparaissait 1 seconde avant de laisser place aux objets affichés dans des positions prédéfinies. Dès la cible repérée, le participant devait presser un bouton. Si la cible était absente, il devait presser un autre bouton. Une période de 3 secondes de présentation du fond seul intervenait avant une nouvelle présentation du cadre de fixation. 20 blocs de 12 essais ont été présentés à chaque participant. Une pause de durée libre était proposée aux participants entre chaque bloc.

3.1.4 Mesures dépendantes

Les indicateurs de performance utilisés étaient la précision de la réponse (bonne ou mauvaise détection de la présence ou de l'absence de la cible) et le temps de réaction. Les mesures dépendantes qui seront exploitées à partir des données de mouvements oculaires telles que les localisations et durées des fixations et les longueurs et directions des saccades restent à déterminer.

3.2 Résultats attendus

D'après les hypothèses, la performance (précision et temps de réaction) devrait être dégradée dans la condition fond mouvant par rapport au fond fixe. De même, l'augmentation du nombre d'objets devrait dégrader la performance de manière linéaire. Les mesures des mouvements oculaires seront utilisées pour contrôler les mouvements optocinétiques dans des conditions similaires à celles de Kaminiarz et al. (2007) et Tozzi et al. (2007). L'analyse des mouvements oculaires, en cours d'élaboration, devrait permettre d'observer des traces d'interférence du stimulus optocinétique sur la détection des cibles. Les résultats, en cours d'analyse, seront présentés et discutés lors du colloque.

4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette première expérimentation devrait montrer l'impact du mouvement d'un fond visuel structuré sur la détection d'objets symboliques. Comme les informations affichées sur les interfaces de jeux vidéo peuvent également être de nature verbale, le but de l'expérimentation suivante sera d'observer l'impact d'un fond visuel en mouvement sur la détection de mots. Une des différences fondamentales avec la détection d'objets symboliques est la dimension sémantique du mot. L'accès au sens pourrait significativement augmenter les erreurs et le temps de détection.

Une complexification de l'environnement visuel, orienté vers des scènes plus réalistes (décors réalistes en 2 puis 3 dimensions, mouvements de la scène visuelle contrôlés par le joueur) lors des prochaines expérimentations pourrait permettre de préciser les problèmes de détection d'informations symboliques dans le cas des jeux vidéo. Les expérimentations futures s'intéresseront notamment de manière plus précise aux déplacements du focus attentionnel. En situation de jeu, le joueur peut être amené à détecter des changements de valeur d'informations déjà affichées. Les déplacements du focus attentionnel, avec ou sans mouvement du regard, déterminent alors la performance (Boot, Kramer, Bécic, Wiegmann & Kubose, 2006). D'autres environnements complexes peuvent amener le joueur à

suivre ou détecter des informations dans plusieurs plans en profondeur, notamment dans des scènes visuelle en 3 dimensions. Horrey, Wickens et Consalus (2006) ont par exemple montré que dans cette situation, un utilisateur pouvait détecter une information dans un autre plan que celui en cours d'observation grâce à sa vision périphérique.

Un point important qui reste exploratoire est l'analyse et l'interprétation des données issues de l'enregistrement des mouvements oculaires. En effet, dans la plupart des expérimentations prévues, l'observation des données oculaires permettra d'abord de contrôler la présence ou l'absence du réflexe optocinétique chez les participants. Il serait cependant intéressant d'observer et d'étudier le comportement oculaire lors de l'apparition des objets et de la détection de la cible. Les indicateurs pourraient porter sur le sens, la direction et la magnitude des erreurs de fixation.

Au final, les résultats de ces expérimentations pourront apporter des solutions pour pallier les erreurs de détection d'objets. Une étude sera construite pour manipuler des solutions comme les mises en saillance visuelles des informations importantes, ou même auditives (alarmes). Ce dernier point sera mis en relation avec les exigences de la multimodalité des jeux vidéo. La manière dont les processus cognitifs sont influencés par la présentation simultanée d'informations auditives (énoncés verbaux) reste en effet mal connue. Les travaux de Wickens (e.g., Wickens, 2002 ; Wickens & McCarley, 2008) sur le partage de ressources attentionnelles seront alors exploités.

5 REMERCIEMENTS

Ce travail de thèse est financé par la Délégation Générale pour l'Armement (DGA) et suivi dans ce cadre par M. Didier Bazalgette.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Ang, C. S., Zaphiris, P., & Mahmood, S. (2007). A model of cognitive loads in massively multiplayer online role playing games. *Interacting with Computers, 19*, 167-179.
- Barr, P., Noble, J., & Biddle, R. (2007). Video game values: Human-computer interaction and games. *Interacting with Computers, 19*, 180-195.
- Boot, W. R., Kramer, A. F., Becic, E., Wiegmann, D. A., & Kubose, T. (2006). Detecting transient changes in dynamic displays: The more you look, the less you see. *Human Factors, 48*, 759-773.
- El-Nasr, M. S., & Yan, S. (2006). *Visual attention in 3D video games*. Paper presented at the 2006 ACM SIGCHI international conference on Advances in computer entertainment technology, Hollywood, California.
- Ilg, U. J. (1997). Slow eye movements. *Progress in Neurobiology, 53*, 293-329.
- Jennett, C., Cox, A. L., Cairns, P., Dhoparee, S., Epps, A., Tijs, T., et al. (2008). Measuring and defining the experience of immersion in games. *International Journal of Human-Computer Studies, 66*, 641-661.
- Horrey, W. J., Wickens, C. D., & Consalus, K. P. (2006). Modeling drivers' visual attention allocation while interacting with in-vehicle technologies. *Journal of Experimental Psychology-Applied, 12*, 67-78.
- Kaminiaz, A., Krekelberg, B., & Bremmer, F. (2007). Localization of visual targets during optokinetic eye movements. *Vision Research, 47*, 869-878.
- Liversedge, S. P., & Findlay, J. M. (2000). Saccadic eye movements and cognition. *Trends in Cognitive Sciences, 4*, 6-14.
- Spivey, M. J., Tyler, M. J., Eberhard, K. M., & Tanenhaus, M. K. (2001). Linguistically mediated visual search. *Psychological Science, 12*, 282-286.
- Tozzi, A., Morrone, M. C., & Burr, D. C. (2007). The effect of optokinetic nystagmus on the perceived position of briefly flashed targets. *Vision Research, 47*, 861-868.
- Van Loon, E. M., Hooge, I. T. C., & Van den Berg, A. V. (2003). Different visual search strategies in stationary and moving radial patterns. *Vision Research, 43*, 1201-1209.
- Wickens, C. D. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science, 3*, 159-177.
- Wickens, C. D., & McCarley, J. (2008). *Applied attention theory*. Boca-Raton, FL: Taylor & Francis.
- Wolfe, J. M. (2003). Moving towards solutions to some enduring controversies in visual search. *Trends in Cognitive Sciences, 7*, 70-76.