

Université de Montréal

**L'incidence de l'alternance des tâches sur les processus de l'attention : indices
électrophysiologiques chez l'humain**

par Guillaume Collard

Département de psychologie Faculté des arts et des sciences

Mémoire présenté à la Faculté des arts et des sciences en vue de l'obtention du grade de
Maîtrise ès science en psychologie.

août 2015

© Guillaume Collard, 2015

Résumé

Connue pour augmenter les temps de réponse et les erreurs, l'alternance des tâches est considérée par les industriels comme un point de friction humain depuis plusieurs décennies. Pourtant malgré l'important nombre d'études sur l'alternance des tâches, peu s'intéressent à l'électrophysiologie humaine et au déploiement de l'attention visuospatiale. Le travail qui suit décrit notre incursion destinée à approfondir les connaissances autant sur les paradigmes d'alternance de tâche que les composantes électrophysiologiques typiquement reliées au déploiement de l'attention visuospatiale telles la N2pc ou la Ppc récemment décrite par Corriveau et al. (2012). Afin d'examiner les modulations des composantes électrophysiologiques sus nommées en fonction des coûts d'alternance, un paradigme d'alternance des tâches regroupant des blocs mixtes (avec alternance) et des blocs purs (sans alternance) a été utilisé. Les résultats démontrent un impact du coût d'alternance sur la latence de la N2pc, ce qui reflète comme attendu d'un processus de contrôle cognitif descendant sur la sélection attentionnelle visuospatiale. De manière plus surprenante, des modulations de Ppc ont été observées, tandis que cette composante était jusqu'alors comprise comme une composante principalement reliée à une activité ascendante de bas niveau de traitement. Cette modulation de Ppc suggère l'existence d'un autre mécanisme de modulation attentionnelle antérieur à la N2pc.

Mots clés : N2pc, Ppc, MFP, attention visuelle, task switching, mixing cost, électrophysiologie

Abstract

Electrophysiology, by its non-invasive nature and excellent temporal resolution, is a useful tool for measuring time-sensitive cognitive processes. Task switching, which both increases the frequency of errors and introduces an additional delay in the performing of each task, has been extensively studied for decades using purely behavioral paradigms. Little is known, however, about the impact of task switching on electrophysiological indexes of visuospatial attention. In the present study, we used a task-switching paradigm to assess visuospatial attention modulations, using N2pc and Ppc event-related potential (ERP) components of interest. Our findings confirm a significant effect of task switching on visuospatial attention deployment, mainly indexed by a difference in latencies between repetition tasks and switching tasks.

keywords : N2pc, Ppc, MFP, attention, task switching, mixing cost, electrophysiology

Table des matières

Résumé.....	2
Abstract.....	3
Table des matières.....	4
Liste des figures.....	5
Liste des abréviations.....	6
Remerciements.....	7
Chapitre I : Introduction.....	8
Contexte théorique.....	9
Objectifs particuliers et hypothèses.....	11
Contribution à l'article.....	14
Chapitre II : Article.....	15
Titre de l'article.....	16
Abstract.....	16
Introduction.....	17
Methods.....	18
Results.....	23
Discussion.....	32
Conclusion.....	36
References.....	38
Chapitre III : Discussion et conclusion.....	42
Discussion des résultats de l'article.....	43
Conclusion.....	49
Références.....	53

Liste des figures

Figure 1: Experimental Design

Figure 2: Eccentricity condition across pure blocks

Figure 3: Mixing cost evaluation

Figure 4: Overall color effect

Figure 5: Red stimuli in mixed blocks

Figure 6: Green stimuli in mixed blocks

Liste des abréviations

cm	centimètre
EEG	Électroencéphalographie
Hz	Hertz
PRE (ERP)	Potentiels reliés aux événements
MFP	<i>Multiple Frame Procedure</i>
ms	milliseconde
N2pc	<i>Negative 2 Posterior Contralateral</i>
Ppc	<i>Positivity Posterior Contralateral</i>
SPCN	<i>Sustained Posterior Contralateral Negativity</i>
μV	microvolt

Remerciements

Un grand merci à tous et spécifiquement à Pierre Jolicoeur, un directeur de recherche aussi brillant que généreux.

I would like to extend a heartfelt “thank-you” to all of my colleagues, especially Pierre Jolicoeur, a research advisor whose brilliance is matched only by his generosity.

Chapitre I : Introduction

Contexte théorique :

Dans n'importe quelle situation de la vie quotidienne, le nombre de stimuli et d'informations accessibles est trop élevé pour que tous soient traités, aussi, pour maximiser l'utilité du système visuel, seuls les stimuli les plus pertinents à la situation et à l'action sont traités en profondeur. La cécité attentionnelle (attentional blindness) ou le clignement attentionnel (attentional blink) en sont des exemples aussi impressionnants que connus et démontrent que des mécanismes cognitifs complexes s'enchevêtrent pour converger vers une perception aussi précise qu'économe en ressources. Aussi, de nombreux paradigmes expérimentaux existent pour étudier le fonctionnement de ces filtres attentionnels en les poussant à leurs limites. L'alternance des tâches permet par exemple d'entraver la performance des tâches qui partagent les mêmes ressources attentionnelles, ce qui se traduit par une augmentation des erreurs et d'une augmentation des temps de réponse mesurés (Meiran, 1996; Rogers & Monsell, 1995). En moyenne, l'alternance des tâches entraîne des délais de 200 à 500 ms supplémentaires par rapport aux tâches effectuées en répétition (Monsell, 2003). Le premier outil à être conçu pour étudier le contrôle attentionnel, le paradigme de Jersild (1927), encore aujourd'hui utilisé consiste à présenter des essais répétés et des essais alternés à l'intérieur de blocs expérimentaux distincts. Dans ce type de paradigme et afin de déterminer le coût de l'alternance, trois blocs expérimentaux sont généralement utilisés, un bloc pur dans lequel la tâche A est présentée de façon répétée (ex: AAAA), un bloc pur dans lequel la tâche B est présentée de façon répétée également (ex: BBBB) et un bloc dit mixte, dans lequel les deux tâches sont présentées en alternance (ex: ABAB). Bien qu'encore utilisé, ce paradigme ne permet pas de distinguer le coût d'alternance du coût de mixage (mixing cost) et les confond. Pour discerner le coût d'alternance — distingué par la différence de performance entre les essais alternés et les essais répétés à l'intérieur d'un bloc mixte - du coût de mixage (mixing cost) définit par la différence entre les essais répétés d'un bloc pur et les essais répétés d'un bloc mixte, un paradigme permettant d'étudier aussi bien des essais répétés que des essais alternés à l'intérieur d'un bloc mixte est utilisé (ex :

AABBAABB). Le paradigme de Rogers et Monsell (1995) dans lequel les essais alternés et répétés sont tous les deux présentés à l'intérieur d'un même bloc expérimental est utilisé de telle sorte qu'un essai soit considéré comme un essai alterné lorsque la tâche présentée à l'essai N. est différente de la tâche présentée à l'essai N-1 (ex. : AB ou BA). Dans le cas contraire, lorsque la tâche présentée à l'essai N. est similaire à la tâche présentée à l'essai N-1, l'essai est considéré comme un essai répété (ex: AA ou BB).

Du fait de son excellente résolution temporelle, l'électroencéphalographie est largement utilisée et recommandée pour répondre aux questions posées par les neurosciences cognitives. En effet, les processus cognitifs pouvant être associés à des variations électriques à la surface du scalp, il est possible en comparant de multiples enregistrements dans différentes conditions expérimentales suscitant les mécanismes cognitifs à étudier, d'en observer les variations d'amplitude et variations temporelles fines (Luck & Kappenman, 2012).

Aussi, dans le but de mieux comprendre les mécanismes neuronaux en jeu dans la modulation de l'attention visuospatiale, le paradigme d'alternance des tâches a été choisi pour observer les coûts d'alternance de tâche sur les indices électrophysiologiques traditionnellement reliés au déploiement de l'attention. Les indices considérés pour l'observation de ce coût d'alternance des tâches sont la N2pc, un indice électrophysiologique associée au déploiement de l'attention ainsi que la Ppc, une composante positive encore peu étudiée, controlatérale au stimulus et précédant la N2pc.

La N2pc est une composante électrophysiologique connue pour être un bon indice impliqué dans la sélection visuelle, toutefois un débat existe sur la nature et le fonctionnement exact du processus générant la N2pc. Selon Luck et al., 1997 et Luck et Hillyard 1994, la N2pc refléterait un processus de suppression des distracteurs, cette hypothèse est notamment supportée par l'augmentation de l'amplitude de la N2pc lorsqu'un distracteur accompagne la cible dans un des hémichamps visuels de présentation (Luck et al., 1997). D'autres auteurs dont Eimer (1996), Hilimire et al., (2009) ou encore Mazza et al. (2009a,b) appuient au contraire l'idée d'une N2pc générée par un processus de traitement de la cible, soit une sélection attentionnelle des

caractéristiques pertinentes à la reconnaissance de cible. Plus récemment, la N2pc a également été proposée comme un indice composite formé de deux composantes distinctes (Hickey et al. 2008), une Nt, caractérisée par une négativité contralatérale à la cible serait couplée avec une Pd, positivité contralatérale au distracteur, ces deux composantes pourraient rendre compte des résultats précédemment observés par Hickey et al. (2006) selon lesquels un distracteur saillant suffit seul à déclencher une N2pc. Effectivement, puisque la N2pc est une composante latéralisée, son calcul confond habituellement les deux composantes proposées par Hickey et al. (2008) en calculant la différence de potentiel entre les deux hémisphères cérébraux sans tenir compte de l'impact des distracteurs sur l'hémisphère ipsilatéral.

Aussi, bien que des incertitudes subsistent dans la compréhension des mécanismes qui génèrent la N2pc, cet indice peut être considéré comme un marqueur de choix pour mesurer avec une grande résolution temporelle le coût d'alternance et le coût de mixage dans un paradigme d'alternance des tâches. Dans une expérience sur l'alternance des tâches conduite par Ruge et al. (2006), la N2pc est effectivement utilisée comme un marqueur électrophysiologique de l'état du système attentionnel, aussi, bien que les auteurs théorisent et constatent que les effets de mixage causent un décalage de N2pc plus long dans le cas des blocs alternés, le paradigme expérimental utilisé ne permet pas aux auteurs de mesurer le coût d'alternance. En effet, bien que Ruge et al. (2006) emploient un paradigme d'alternance comprenant des essais répétés et des essais alternés dans un même bloc, les stimuli choisis et leur position empêchent les auteurs de calculer cette différence. Des effets d'alternance inversés, décrits par Milliken et al. (1994) adviennent lorsque ni la nature des stimuli ni leur position ne permet de les traiter comme tels, mais que seule la consigne en permet la distinction. Un distracteur à la position X pouvant dans l'expérience de Ruge et al. (2006) devenir une cible à la position X à l'essai suivant et inversement, ce faisant ne générant pas un coût d'alternance, mais une amorce et donc une facilitation à l'essai suivant. Cette limitation expérimentale garde donc la question du coût d'alternance ouverte.

Par ailleurs, la Ppc (Positivité Postérieure Contralatérale) proposée comme une réponse ascendante à la présence d'un stimulus saillant par Corriveau et al. (2012) précédant généralement la N2pc peut également servir de marqueur électrophysiologique d'intérêt (Fortier-Gauthier et al. 2012 ; Leblanc et al. 2008 ; Pomerleau et al. 2014a,b). Allant dans ce sens Pomerleau et al. (2014), Fortier Gauthier et al. (2013), Pomerleau et al. (2014a) observent également une Ppc dont l'amplitude et la latence reste insensible aux variations de l'attention à travers les différentes conditions expérimentales testées. Enfin, la couleur du distracteur ou de la cible semble jouer un rôle important à la fois dans la latence et dans l'amplitude de la Ppc comme dans celle de la N2pc, la couleur rouge provoquant typiquement une réponse plus précoce et ample qu'une autre couleur, appuyant une nouvelle fois l'hypothèse d'une Ppc dominée par des traitements ascendants.

Objectifs particuliers et hypothèses :

L'objectif principal de ce mémoire consiste à étudier l'influence de l'alternance des tâches sur les composantes PRE/ERP (Potentiel Relié aux Evènements/Event Related Potential) de manière à mieux comprendre à la fois les mécanismes en jeu dans l'alternance des tâches, mais aussi de mieux caractériser la N2pc comme la Ppc en observant leur modulation dans ces conditions. En enregistrant l'activité électrophysiologique de sujets humains, et en analysant, en accord avec nos hypothèses, les différences de modulation de cette activité en fonction des différentes conditions expérimentales testées, nous avons l'ambition de mesurer et analyser l'expression des processus cognitifs liés au déploiement de l'attention.

Dans le paradigme utilisé, nous utiliserons deux types de tâches, des tâches de reconnaissance visuelle qui s'exécuteront en comptant des stimuli soient placés sur l'axe vertical au centre de l'écran de présentation, soit disposés à sa périphérie de sorte à former un cercle. La N2pc étant une composante latéralisée, nous ne nous attendons pas à

en observer lorsque le stimulus à traiter sera situé au centre de l'écran de présentation, mais à ce que seuls les stimuli périphériques en génèrent.

Conformément aux études de Fortier-Gauthier et al. (2013) Pomerleau et al. (2014a,b), nous nous attendons à confirmer la différence de latence de la N2pc en fonction de la couleur de la cible ou du distracteur employé, nous nous attendons également à observer des différences d'amplitude sur la Ppc liées à ces conditions.

Afin de démêler le coût d'alternance du coût de mixage et de mesurer le coût d'alternance, nous utiliserons un paradigme expérimental d'alternance dérivé de celui de Rogers et Monsell (1995), soit deux blocs purs (ex. : AAAA et BBBB), et un bloc mixte (ex. : AABBA) présenté deux fois pour augmenter la puissance statistique.

En comparant les répétitions dans les blocs purs aux répétitions dans les blocs mixtes, nous nous attendons à répliquer les coûts de mixage observés par Ruge et al. (2006), soit une N2pc au décours temporel plus long dans les blocs mixtes que dans les blocs purs.

En comparant les essais répétés aux essais alternés dans les blocs mixtes, nous nous attendons à observer le coût d'alternance se manifester sur la N2pc sous la forme d'une latence plus importante dans le cas des essais alternés par rapport aux essais répétés. Ce résultat confirmerait la contribution de propriétés cognitives descendantes (top down) impliquées dans la N2pc et validerait le paradigme de l'alternance des tâches pour étudier des variations plus fines tel l'étude des sous composantes Pd et Nt.

Bien qu'encore peu étudiée, la Ppc (Positivité Postérieure Controlatérale) semble, selon l'étude de Corriveau et al, (2012), représenter un processus d'attention sélective d'un stimulus basé sur la présence d'une caractéristique d'importance à traiter. Ce processus précurseur à la N2pc serait un mécanisme attentionnel précoce agissant comme un premier filtre de très bas niveau déterminant selon un minimum d'information si oui ou non le stimulus présenté nécessite d'être analysé plus minutieusement par un réseau plus complexe de neurones. Selon cette hypothèse, la Ppc refléterait donc une des premières manifestations électrophysiologiques d'une modulation attentionnelle d'un processus ascendant.

Aussi, sachant que les processus attentionnels sont sensibles à l'effet de coût d'alternance (switch cost) comme le suggère notamment l'étude de Ruge et al., (2006), dans laquelle le décours de la N2pc dure plus longtemps lors d'une tâche d'alternance visuospatiale (switch task), la Ppc devrait être également sensible à ces coûts si elle est modulée par des processus descendants, ce qui devrait se traduire de la même manière par un prolongement de la durée de la Ppc ou d'un pic d'amplitude maximal plus tardif dans la condition avec coût d'alternance. Dans ce cas la Ppc pourrait être traduite comme un premier traitement attentionnel descendant sur le stimulus avant même que le stimulus ne soit entièrement traité.

Inversement, si la Ppc n'est pas sensible au coût d'alternance de la tâche qui la suscite, nous pourrions corroborer les études de Corriveau et al. (2012), Fortier-Gauthier et al. (2013) et Pomerleau et al. (2014a,b) en faveur d'un processus ascendant. Dans ce cas, la Ppc pourrait être suscitée par un niveau de traitement visuel contenant déjà quelques informations nécessaires à la discrimination de la présence d'un stimulus d'intérêt.

Nous observerons et mesurerons donc la Ppc à travers ces différentes conditions expérimentales, et conformément aux résultats de Corriveau et al. (2012), Pomerleau et al. (2014a,b) et Fortier-Gauthier et al. (2013), nous nous attendons à ce que la Ppc soit une composante davantage influencée par des processus ascendants, et anticipons donc ne pas voir de différence de latence sur la Ppc, ni lié au coût de mixage ni lié au coût d'alternance, nous prévoyons toutefois, observer un effet de la couleur sur la latence de la Ppc.

Contribution à l'article:

Dr Pierre Jolicoeur a élaboré les hypothèses et le paradigme de la présente étude, basé sur les résultats de précédentes études (Fortier-Gauthier et al., 2013, Corriveau et al., 2012, Pomerleau et al., 2014a,b).

Un patron d'expérience développé par Pia Amping et modifié par Guillaume Collard à été utilisé pour contraindre les hypothèses dans un cadre expérimental.

La collecte des données EEG a été réalisée sous la supervision des assistants de laboratoire de neurosciences cognitives de Pierre Jolicœur au Centre de recherche en neuropsychologie et cognition (CERNEC) à l'Université de Montréal.

Le traitement et les analyses de ces données ont été réalisés par Guillaume Collard aidé de la solution d'analyse développée par Pia Amping basée sur les logiciels MATLAB, EEGLab et ERPlab.

Les calculs statistiques ont été accomplis par Guillaume Collard à l'aide du programme d'analyse libre R.

Les résultats ont été interprétés par Guillaume Collard, sous la supervision du Dr Pierre Jolicoeur.

L'article présenté dans ce mémoire nommé *Is visuospatial attention modulated by task switching ? Evidence from human electrophysiology* est actuellement en préparation.

Chapitre II : Article

Is visuospatial attention modulated by task switching ? Evidence from human electrophysiology.

Abstract

Electrophysiology, by its non-invasive nature and excellent temporal resolution, is a useful tool for measuring time-sensitive cognitive processes. Task switching, which both increases the frequency of errors and introduces an additional delay in the performing of each task, has been extensively studied for decades using purely behavioral paradigms. Little is known, however, about the impact of task switching on electrophysiological indexes of visuospatial attention. In the present study, we used a task-switching paradigm to assess visuospatial attention modulations, using N2pc and Ppc event-related potential (ERP) components of interest. Our findings confirm a significant effect of task switching on visuospatial attention deployment, mainly indexed by a difference in latencies between repetition tasks and switching tasks.

keywords : N2pc, Ppc, MFP, attention, task switching, mixing cost, electrophysiology

Introduction

In everyday life, visual stimuli are far too great in number and far too complex for each to be fully processed. To maximize the visual system's accuracy, relevant stimuli are selected for extended processing and their irrelevant counterparts are ignored or suppressed by means of a filtering process called "attention". Attentional blindness and the attentional blink phenomena are two well-known examples of this complex cognitive process in action, and they provide remarkable examples the attentional system at work. In both the attentional blink and inattention blindness, the ability of attention to filter out irrelevant stimuli -- and sometimes relevant stimuli, as in the case of attentional blink -- is made obvious, illustrating the limitations of such a filtering process.

Task-switching is a classical tool for testing the limitations of the human attentional system. In such paradigms, researchers measure attentional deficits while subjects are forced to switch between multiple concurrent tasks (Meiran, 1996; Rogers & Monsell, 1995). Such deficits manifest themselves as response delays ranging from 200 to 500 ms and reflect the overhead incurred by dividing attention across several tasks (Monsell, 2003). Classical paradigms like the Jersild (1927) paradigm fail to disentangle switching cost from mixing costs. In this paradigm, pure blocks and mixed blocks are used to compare repetition tasks. A pure block is defined by an experimental block only containing one type of task repeating itself (ex : AAA) while a mixed block is defined as a block containing two different tasks, switching from one to the another (ex : ABA). Therefore, the switch cost in Jersild paradigm was computed using the execution time difference between task A in a pure block and a mixed block, failing to take into account the inherent difference and influence of the mixed block itself. From this limitation Rogers and Monsell (1995) designed a more comprehensive paradigm placing both repetition and switching tasks into the mixed block (ex : AABBA) to disentangle the effect of the mixed block itself (switch cost) and the difference between pure blocks and mixed blocks (mixing cost).

Electroencephalography is a well-established technique to assess neuroscientific questions by virtue of its temporal resolution and accuracy with respect to scalp-level electrical potentials, which are a direct (if deformed) correlate to cortical neuronal activity (Luck & Kappenman, 2012). In order to get a better understanding of neural mechanisms implicated in visuo-spatial attention, we employed a task-switching paradigm to assess and measure neural response. Specifically, we rely on ERP (Event related potentials) components such as the N2pc (Negative 2 posterior contralateral) using a 128-lead electroencephalograph. N2pc is known to represent visuospatial deployment (Luck et al., 1997; Luck et Hillyard 1994; Eimer,1996; Hilimire et al, 2009; Mazza et al. 2009a,b; Hickey et al. 2008) even if a consensus has not yet been reached over the exact cognitive processes underlying the N2pc. Consequently, even if uncertainties remain about the mechanisms underpinning the N2pc, the present study may still clarify its role in task switching as well as its relation with the deployment of attentional resources. In 2006 Ruge et al. attempted to use the N2pc to assess mixing costs but used an experimental design preventing them from measuring both mixing cost and switching costs.

According to Corriveau et al. (2012) the Ppc (positivity posterior contralateral), which is frequently observed immediately before the N2pc, would be a bottom-up response triggered by a salient stimulus. While it has been investigated using different paradigms, including the above, the Ppc appears often immune to attentional modulations. The degree to which the Ppc is a purely bottom-up phenomena deserves further study. Using task switching we anticipate to reproduce these results with another attentional modulating tool.

Methods

Subjects :

34 neurologically normal subjects having normal or corrected-to-normal vision were included in the study, which had been vetted by the Faculty of Arts and Science's Université de Montreal's Ethics Committee. Subjects were compensated 20\$ their

voluntarily participation. All subjects also reported having normal color vision, and were tested using the Ishihara's tests for color deficiency in order to exclude color blind subjects. Three subjects were removed from the experimental analysis in total, two of which were unable to complete the task with sufficient accuracy (<60% correct responses), and one subject was removed because of atypical recorded high-voltage responses (more than 100 times group mean) that dramatically affected the group's mean N2pc voltage. Thirty one subjects were retained for the final analysis (age: M = 22, S.D. = 2.63, 10 males, 7 left-handed).

Task:

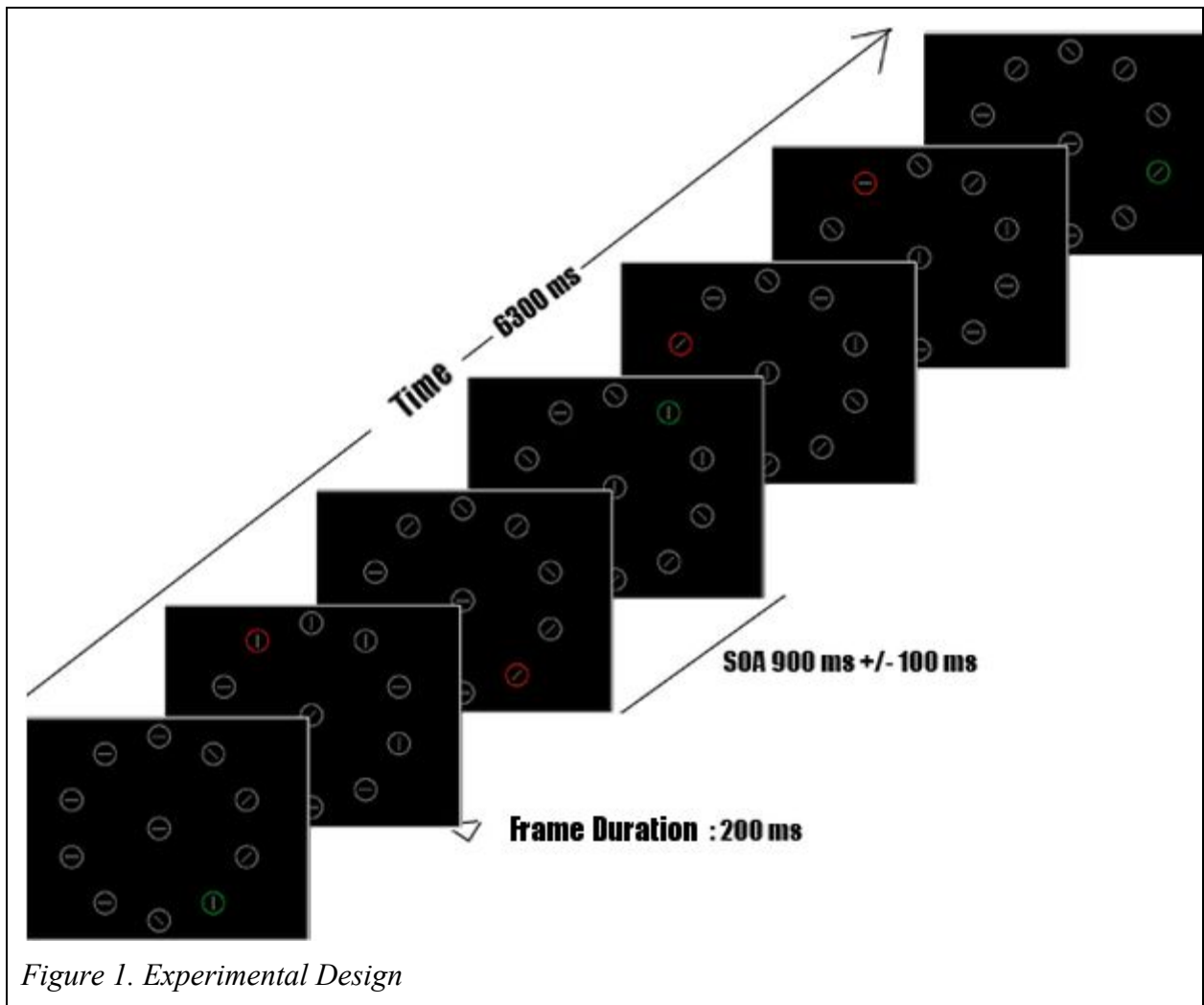
Subjects completed a visual search task using presentations embedded in a multiple frames procedure (MFP). The use of an MFP was a deliberate choice because it allows for a large number of search events to be tested compared with the typical single frame approach. Here we presented a sequence of stimuli and requested a single response every 7 (seven) frames, the procedure allows for fast paced data collection without increasing overall experimental length, thus maximising statistical power.

Each frame was presented for 200 ms, providing enough time for subjects to perceive the stimuli and perform the task as shown by Pomerleau et al. (2014a). Seven consecutive frames were presented with a stimulus onset asynchrony (SOA) of 900 ± 100 ms from one frame to the next. This allowed the subject to deploy his attention and cognitive processes on each frame without interference from the preceding or following frames (Dux & Marois, 2009; Pomerleau et al., 2014a).

Four experimental blocks consisting of 80 trials were preceded by matching practice blocks of 20 trials, totaling 2240 experimental frames per subject. During each trial, a fixation point was presented continuously in the center of the screen and subjects were asked to fixate on it. Subjects had the control over the initiation of each trial and were instructed to press the spacebar whenever they were ready. A jitter time was inserted before presenting the first frame (500 ± 100 ms) in order to allow subjects to prepare for the first frame and decorrelate ERPs from events preceding trial onset.. At the end of

each seven-frame trial, subjects had to report the number of targets presented (1, 2, 3, or 4). Subjects were instructed to answer using the C, V, B, or N keys on a standard US keyboard, so that the spatial arrangement of the keys corresponded to the magnitude of the response (C=1, V=2, B=3, or N=4 targets seen). Subjects were instructed to respond with both their hands using one finger per key (left middle and index fingers to answer '1' or '2,' and right index and middle fingers to answer '3' or '4'). Feedback on response accuracy was provided for 500 ms immediately following the subject's response at the end of each trial. Symbols were used as feedback for accuracy (+ for a correct response, - for an incorrect response and | if the 4 seconds response delay expired).

Stimuli:



Trials were composed of seven frames in temporal succession. In each trial, the subject was instructed to count the number of targets. A target is defined as a horizontal or vertical segment (counterbalanced between subjects) within a colored circle (for peripheral targets) or at the center of the screen for central targets. The experiment is composed of three different types of blocks, Pure Blocks where subject had to count targets only in central stimuli (Center Pure Block), or count targets and deploy their attention only at peripheral stimuli (Peripheral Pure Block). The peripheral circle of interest was identifiable by its red or green circular border. Our third condition, Mixed blocks was composed of an alternance of both Pure Block tasks. In Mixed blocks, the subject had to deploy his attention sequentially towards Center and Peripheral stimuli following an instructed order (counterbalanced between subjects). Given that P stands for Peripheral stimuli, and C stands for Center stimuli, in Mixed blocks subject always had to deploy his attention following (CCPPCCP) order (or PPCCPPC order : to counterbalance between subjects).

The subject had to report the total number of targets presented during the trial. Given the above image for vertical targets, the correct answers would be :

Central Pure Block : 3 targets (frame 4, 5, 6)

Peripheral Pure Block : 3 targets (frame 1, 2, 4)

Switching Block : (CCPPCCP : 3 targets [frame 4, 5, 6] / PPCCPPC : 3 targets [frame 1, 2, 4])

Subjects had to count the number of lines (vertical or horizontal) displayed in every frame of each trial. The number of targets in each trial varied between 1 to 4 (Mean 2.5). Each frame was composed of 11 stimuli, which were circles around a horizontal, vertical or oblique segment measuring 0.75° of visual angle. Ten of the eleven stimuli were arranged along an invisible circle, with equidistant space between them. The imaginary circle measured 7.66° visual angle and was positioned such that its center point was the fixation dot. The eleventh stimulus was at the fixation point. All circles were grey except for one of the ten peripheral stimuli, which could be either red or green and were always located left or right of the vertical axis. A Minolta CS 100 chromatometer was used to ensure consistent luminosity across all colors used in the experiment. As such,

color served to enhance stimulus saliency and was used to draw attention towards the peripheral target or distractor.

Our decision not to color the central circle was deliberate, since its foveal placement affords additional saliency relative to peripheral stimuli during fixation.

Inside of each circle was a vertical, horizontal or oblique (45° or 135°) line segment that identified the circle as a target or a distractor; for 50% of subjects, horizontal lines were targets and vertical lines were distractors, and the condition was inverted for the remaining 50% of the subject pool.

Experimental sessions were divided into four blocks based on the type of task the subject had to perform. In the Pure Center condition, subjects were instructed to count the number of targets that appeared in the central circle, focusing their attention only in the central portion of the display.

In the Pure Peripheral condition, subjects counted the number of peripheral targets only, using the colored circle as an indicator of which peripheral circle contained a potential target in each frame. Subjects were also instructed to keep their eyes on the center of the screen and to use attention to find and process colored peripheral circles.

The two conditions described were Pure Blocks because they did not require switching from center to periphery.

The third condition, defined as Mixed Blocks, required alternation between the two previous tasks. Half of the subjects were instructed to start with the central circle and then follow the sequence (Center Peripheral Peripheral Center Center Peripheral Peripheral) targets, and the other half were instructed to start the sequence with the Peripheral condition task (Peripheral Center Center Peripheral Peripheral Center). In this condition, the subjects had to count the targets in a repetition sequence (CC or PP) or in a switching sequence (CP or PC) (Figure 1).

EEG recordings :

EEG data from 64 active Ag/AgCl electrodes were recorded using a Biosemi Active2 system and were placed at sites Fp1, Fpz, Fp2, AF7, AF3, AFz, AF4, AF8, F7,

F5, F3, F1, Fz, F2, F4, F6, F8, FT7, FC5, FC3, FC1, FCz, FC2, FC4, FC6, FT8, T7, C5, C3, C1, Cz, C2, C4, C6, T8, TP7, CP5, CP3, CP1, CPz, CP2, CP4, CP6, TP8, P9, P7, P5, P3, P1, Pz, P2, P4, P6, P8, P10, PO7, PO3, POz, PO4, PO8, O1, Oz, O2, and Iz. A 512 Hz sampling frequency was used to collect the data from the elastic cap mounted electrodes located using the International 10–10 System (Sharbrough et al., 1991). Re-referencing of the EEG recording was done offline to the average of the right and left mastoid electrodes. A high-pass and a low-pass filter (0.1Hz and 30Hz, respectively) were applied to the EEG signals post-recording to filter out noise. A horizontal electro-oculograph (HEOG) and vertical electro-oculograph (VEOG) were calculated offline, and represent the difference between electrodes placed at the external canthi of the right and left eye (HEOG) and the difference between the Fp1 electrode and the one placed below the left eye (VEOG), respectively. All stimuli-locked frames were epoched from 100 ms pre-stimulus to 600 ms post-stimulus across all trials and baseline-corrected to the average voltage of the 100 ms pre-stimulus period. All epochs containing VEOG deflection $> 50 \mu\text{V}$ within 150 ms or HEOG deflection $> 35 \mu\text{V}$ within 300 ms or other artefacts as EEG signals exceeding $\pm 100 \mu\text{V}$ were excluded from analysis. An independent component analysis was also applied to remove eye blinks and saccadic components from raw EEG data.

Statistical Analysis

Mean N2pc and Ppc amplitudes and latencies were analyzed in order to better understand interactions between color, eccentricity and switching conditions. A time window centered at the peak activity of these ERP components was used to measure the mean amplitudes as well as the latencies. ERLs were computed using the Coles, Gratton, and Donchin (1995) method based on the following equation:

$ERL = [\text{Average}(\text{right electrode} - \text{left electrode})\text{target left} + \text{Average}(\text{left electrode} - \text{right electrode})\text{target right}] / 2.$

ANOVAs were used to measure the difference in amplitude between our conditions as well as interactions between them. Bonferroni corrections for post hoc analysis was applied on pairwise *t*-test comparisons as well as Greenhouse-Geisser corrections for sphericity violation where Mauchly's sphericity test failed.

Latencies were measured using the jackknife method (Kiesel et al., 2008; Miller et al., 1998; Ulrich and Miller 2001). In this method, *n* grand-averaged waveforms are computed with *n*-1 subjects, with each computation removing a different subject from the waveform.

Latencies at 60% of the peak amplitude of our component of interest were obtained from each of the aforementioned grand-average waveforms, then computed and corrected for a reduced variance (Ulrich and Miller 2001) with a typical analysis of variance (ANOVA). Bonferroni corrected pairwise comparisons were conducted to test and highlight specific effects between experimental conditions.

Results

Behaviour

Two subjects were removed for low accuracy overall scores (< 60%). A trial was considered correct only when subjects were able to correctly report the total number of targets across all seven frames of the MFP trial. For the subjects' response to be correct, at least 93% accuracy on each frame was required to get to 60% overall accuracy ($0.93^7 \approx 0.60$).

After removing two low accuracy subjects, the mean overall accuracy score was $80.6\% \pm 7.73\%$, so an mean accuracy of $\sim 97\%$ for each frame ($0.97^7 \approx 0.80$).

Electrophysiology

Pure blocks : Comparing peripheral pure block to center pure block.

For the Center condition, the ERL was calculated relative to the position of the colored distractor. The distractor is in the periphery, and is in the left or right visual hemifield, and so it can, in principle, produce an ERL

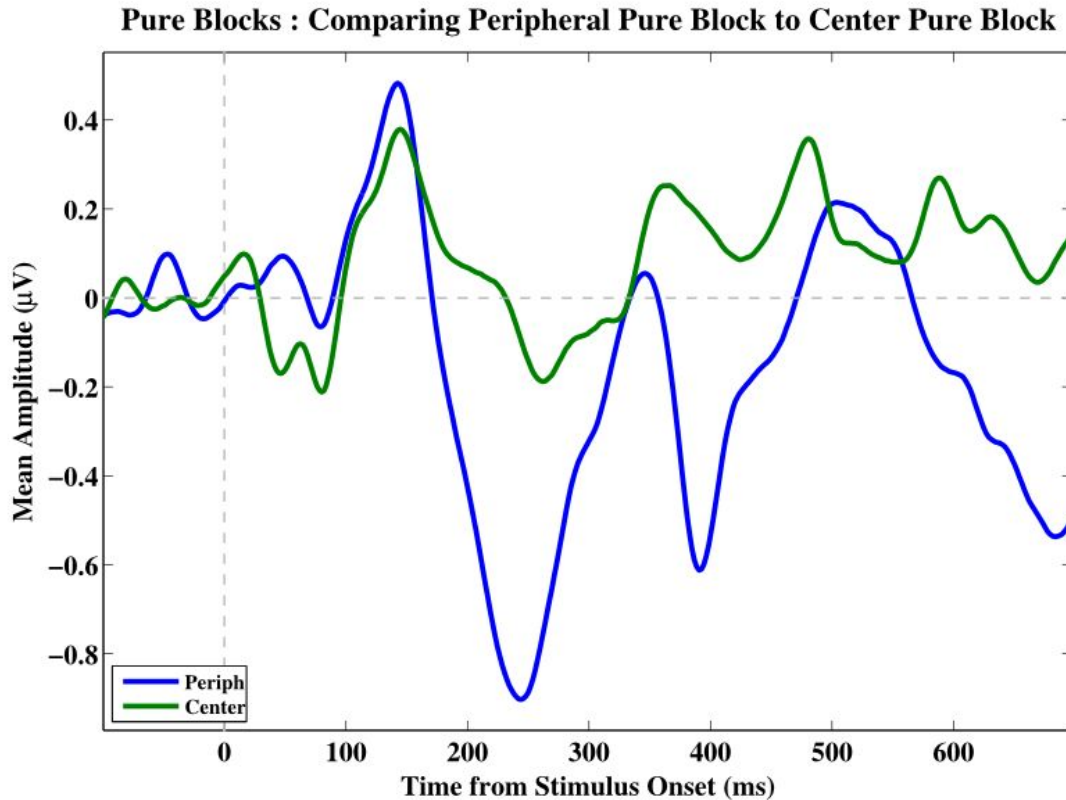


Figure 2. Eccentricity condition across pure blocks.

N2pc :

When measuring the N2pcs of the two Pure block conditions, a 170 ms time window centered at the peak of the component was used. The first large negative deflection in the ERL subtraction waveform was considered to be the N2pc, reaching a peak at 245 ms after stimulus onset, based on a grand average of all subjects and trials (Figure 2). When N2pc amplitude was assessed using *t*-tests against zero, the N2pc in the Center condition was not significant. In the Peripheral condition, however, N2pc amplitude was significant $t(30) = -3.274$, $p < .03$. A Bonferroni corrected pairwise *t*-test comparison found a significant difference between those two conditions $t(30) = -2.639$ ($p < .015$).

Ppc :

A Ppc was measured using a 60 ms time window centered at the peak of the component estimated at 135 ms post stimulus onset using the same grand average method as for the N2pc amplitude peak time window estimation. The Ppc component was found significant in both conditions ($p < .001$) Peripheral, $t(30) = 4.623$, Center, $t(30) = 4.403$. No difference in Ppcs amplitudes were observed between those two conditions ($p > .49$) using a pairwise comparison.

Mixing Cost : Comparing repetitions trials between pure blocks and mixed blocks

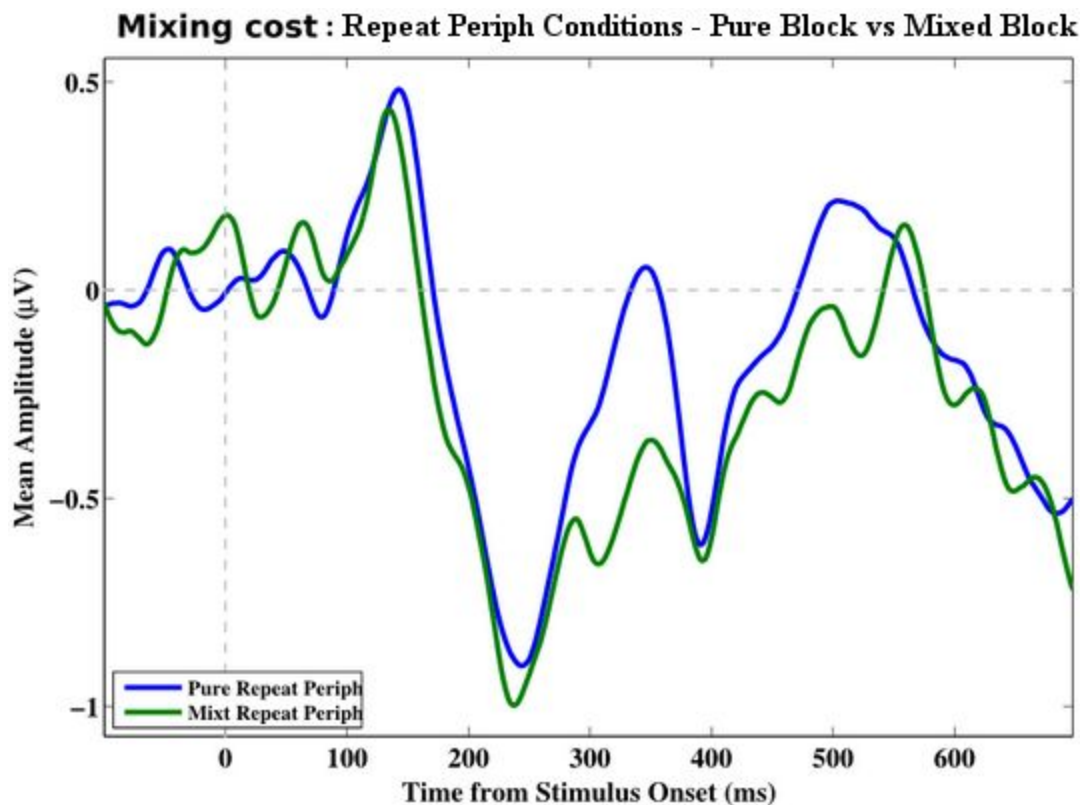


Figure 3. Mixing cost evaluation. We reproduce the findings of Ruge et al. (2006), no N2pc onset difference between the mixed blocks trials and the pure blocks trials, but as in Ruge et al. (2006), a difference in the N2pc time course is noticed.

N2pc :

To evaluate mixing cost, N2pc amplitude was measured using a 190 ms time window starting 160 ms after stimulus onset. Both N2pcs were significant when evaluated with a *t*-test against the null hypothesis: Pure Block Repeat Peripheral $t(30) = -2.9$ $p < .01$, and Mixed Block Repeat Peripheral $t(30) = -3.22$, $p < .01$. The difference in N2pc amplitude across these conditions was not significant.

Using Jackknife waveforms, we replicated the findings of Ruge et al. (2006), in which no latency differences were found between repetition trials across different block type. The latency at which waveforms reached 60% of their peak in the N2pc time window was used to compute an analyse of variance (ANOVA).

The N2pc time course difference observed by Ruge et al. (2006) was evaluated using a pairwise comparison using a 125 ms time window starting 275 ms after stimulus onset, reproducing authors results by showing a significant amplitude difference between pure blocks repetition condition and mixed blocks repetition condition $p < .01$.

Ppc :

Using a 90 ms to 160 ms time window to measure the Ppc component, only the Ppc elicited in the Pure block was significantly different from zero, $t(30) = 4.302$, $p < .001$. However, there was no significant difference between conditions, possibly because of higher variance in Mixed blocks..

Colors : Comparing the overall effect of colors.

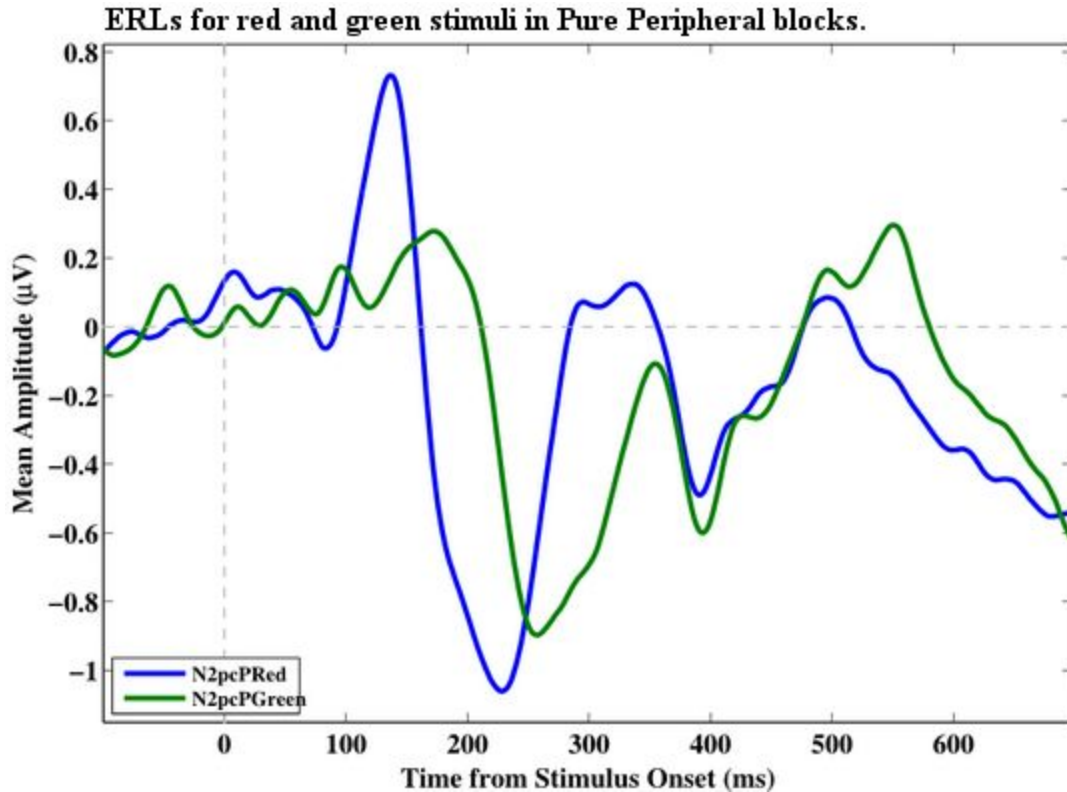


Figure 4. ERLs for red and green stimuli, in Pure Peripheral blocks. Overall color effect.

N2pc :

The amplitude of N2pc was measured using a slightly different time window for each color condition to keep the peak into the center of the analysis time window. A 115 ms time window centered at 222 ms was used to measure the N2pc in the condition where the peripheral target or peripheral distractor was red, and a 135 ms time window centered at 282 ms after stimulus onset was used to measure it when the peripheral target or distractor was green. Student's *t*-tests against zero proved significant for N2pc amplitude in both conditions ($p < .01$), Red $t(30) = -5.415$, Green, $t(30) = -3.102$.

Previous studies found that red stimuli elicit an N2pc sooner than green stimuli (Fortier-Gauthier, Del'Aqua & Jolicoeur, 2013; Pomerleau et al, 2014a,b). A difference in latency was also observed between those two conditions $F(1, 30) = 29.32, p < .001, \eta^2 = 0.494$ replicating the authors' previous findings. Pomerleau et al. (2014) also found red

stimuli elicited N2pc to have larger amplitudes than green stimuli elicited N2pc, a pairwise comparison between the red and green conditions failed to replicate these results ($p > .57$).

Ppc:

The Ppc time window for red stimuli was chosen to be 60 ms wide and centered at 130 ms while the time window for green stimuli was 70 ms wide and centered at 165 ms. The Ppc was significantly different from zero for both color conditions: red stimuli, $t(30) = 7.93, p < .001$; green stimuli, $t(30) = 2.509, p < .05$. A pairwise comparison revealed a significant difference between that red stimuli elicited a larger Ppc than green stimuli $t(30) = -2.18, p < .05$. Furthermore, red stimuli elicited an earlier Ppc than green stimuli, $F(1, 30) = 33.52, p < .001, \eta^2 = 0.528$.

Red stimuli in switching blocks

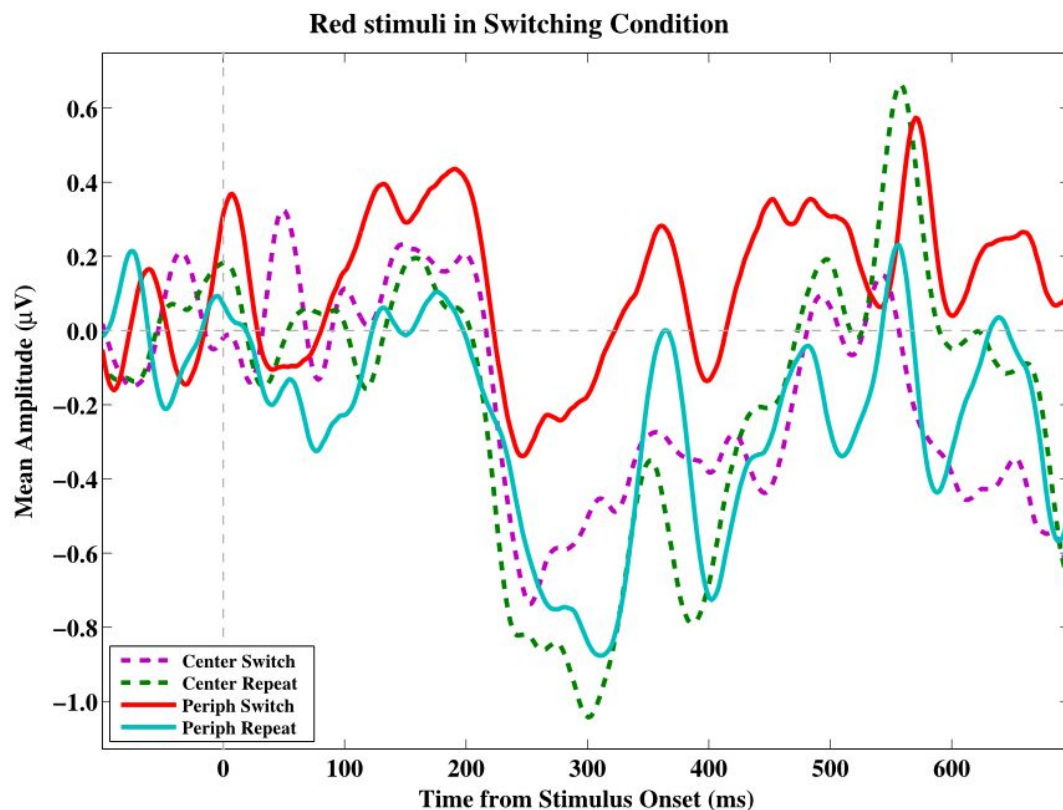


Figure 5: Red stimuli in mixed blocks elicits N2pcs (except for Peripheral Switch condition) but no Ppcs.

N2pc

In the switching blocks, N2pc amplitude was measured using a 110 ms time window starting 220 ms after stimulus onset. All N2pcs reached significance when *t*-tested against the null hypothesis $p < .05$ except the Peripheral Switch condition ($p=.4$). A repeated measure ANOVA computed for all experimental factors found a significant effect for the Switching conditions. $F(1,30) = 5.03, p < .05, \eta^2 = 0.143$, but failed to reach significance for the Eccentricity conditions $F(1,30) = 3.64, p = .0662, \eta^2 = 0.108$.

Ppc

Using a 125 ms to 200 ms time window to measure the Ppc component over the different experimental factors, none of them were significant by a *t*-test against zero (all $ps > .1$). Given that no Ppc component was observed in any condition no further analysis was conducted.

Green stimuli in mixed blocks

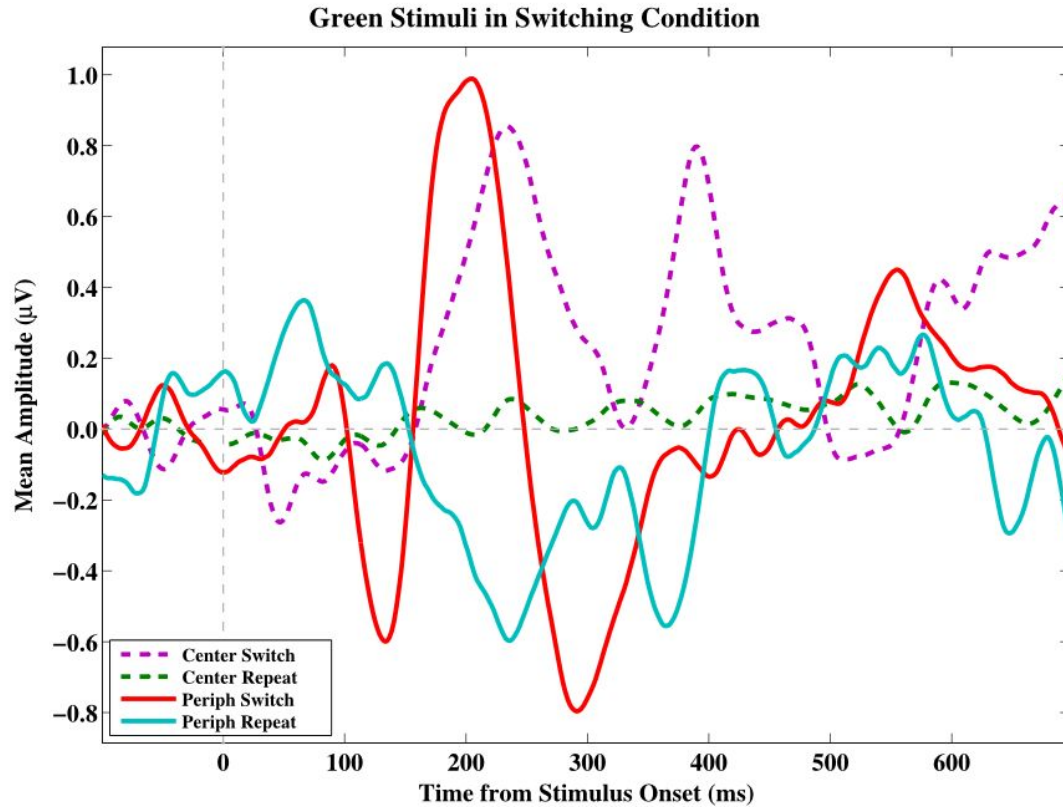


Figure 6. ERL grand average waveforms for targets in the Center or Peripheral conditions for switch or repeat trials.

N2pc

The N2pc amplitude was measured using different time windows to keep its peak within the center of each of these epochs. A 100 ms time window was always selected across the different conditions, and this time window was centered at 225 ms post stimulus onset in both Repeat conditions and centered at 300 ms for both Switch conditions.

T-tests against zero found Peripheral conditions to reach significance at $p < .01$, but, as expected, significance did not hold in Central conditions (Center Switch $p > .1$ and Center Repeat $p > .5$).

A repeated measure ANOVA computed over all experimental factors found a significant Eccentricity effect $F(1,30) = 13.79$, $p < .001$, $\eta^2=0.315$, meaning that the Peripheral conditions were significantly larger in amplitude than Central conditions. A pairwise comparison between the Peripheral Repeat condition and the Center Repeat condition

reached significance ($p < .05$). Another pairwise comparison between the Peripheral Switch and the Center Switch conditions also reached significance ($p < .001$).

A significant interaction between the Eccentricity and Switch conditions was also found $F(1,30)=5.773, p < .05, \eta^2=0.161$.

Jackknife waveforms were used to test the difference in latencies between Peripheral conditions. The latency at which waveforms reached 60% of their peak in the N2pc time window was used to compute a repeated measure analyse of variance (ANOVA). We found a significant difference in N2pcs latencies between the Peripheral Switch and Peripheral Repeat condition $F(1,30)_{\text{corrected}} = 8.95, p < .01$. In the switching condition, when the target was peripheral, the N2pc was elicited significantly later than in the repetition condition.

Ppc

The Ppc's amplitude was measured using different time windows for each condition to keep the peak into the center of each of these time windows. A 100 ms time window centered at 90 ms after stimulus onset was selected for each of the Repeat conditions. A 90 ms time window centered at 235 ms after stimulus onset was used in the Center Switch condition and a 70 ms time window centered at 200 ms was used in the Peripheral Switch condition.

T-tests against zero found both switch conditions to reach statistical significance, $p < .001$ Peripheral Switch $t(30) = 8.82$ Center Switch $t(30) = 4.12$, but none of the central conditions achieved significant *p*-values (Center Repeat $p = .171$, Peripheral Repeat $p = .217$).

A repeated measure ANOVA computed over the two within subjects experimental factors found a significant Switch effect $F(1,30) = 41.91, p < .001, \eta^2=0.583$, meaning that the Switching conditions were of significantly larger amplitudes than Repetition conditions. A Bonferroni corrected pairwise comparison showed significant differences between the Center Repeat condition and both the Switch conditions (Center Switch $t(30) = -3.446, p < .001$, Peripheral Switch $t = -4.907, p < .001$).

A latency analysis using Jackknife waveforms failed to reach significance between the two Switch conditions $F(1,30)_{\text{corrected}} = 1.77, p > .1$, meaning both spatial attention switch conditions elicited comparable Ppcs.

Discussion

The present work examined visuospatial modulations in the context of task switching. The N2pc and the Ppc, two lateralized electrophysiological components associated with visuospatial attention were observed across different experimental conditions. Results are suggestive of attentional modulation by task switching in both the N2pc and Ppc. These modulations, however, depend on the color of peripheral stimuli, demonstrating that the cost of task-switching is not fixed. The following paragraphs examine the nature these modulations, the conditions in which they occur, and their implications for visuospatial processing.

Eccentricity conditions in pure blocks

As lateralized components, N2pc and Ppc are calculated computing the difference in voltage between both hemispheres, time-locked to the interval during which a lateralized stimulus was shown. Since stimuli located in the center of the visual field cannot produce an ipsilateral versus contralateral lateralized response, stimuli located along the vertical axis are often used as a baseline against which lateralized ERP components can be compared (Eimer 1996). In Figure 2 and its associated analysis showing results for Pure blocks, an N2pc was clearly elicited by the peripheral stimuli while the central stimuli do not elicit any. The central position doesn't elicit any N2pc as expected since the N2pc is a lateralized component. Moreover "the attend to me" Ppc component (Corriveau et al. 2012) is elicited by both conditions, suggesting that peripheral stimuli triggered the cognitive process associated with the Ppc, even in central task while it didn't for the N2pc.

Mixing costs

Corroborating results from Ruge et al. (2006), no N2pc amplitudes nor latency differences were found comparing repetitions tasks between pure blocks and mixed blocks. Like any classical task switching experiment, the present study should also elicit a mixing costs, although the MFP prevent us from confirming it because it doesn't rely on subject response on each frame. For De Jung (2000), mixing costs are bound to a delayed target processing. For De Jung hypothesis to be proved right, we should have observed an N2pc latency difference between pure blocks and mixed blocks. On the contrary, the engagement of attention indexed by the N2pc is not delayed. De Jung hypothesis could still be proved right if target processing was delayed after the N2pc processing step. However a significant difference in N2pc time course was measured between pure blocks and mixed blocks reproducing reports from Ruge et al. (2006). This N2pc time course difference is explained by the authors as the need to spend more time extracting the target's information in anticipation of the behavioral response. As such, a subject strategy focusing on accuracy rather than speed could therefore elicit a prolonged N2pc time course.

Even if a Ppc is clearly identifiable in both block types in Figure 3, only Ppcs from pure blocks reached significance, suggesting that high Ppc variance should be found in mixed blocks due to color variations or task switching.

Global color effect

Color effect over visuospatial attention, and more specifically N2pc was extensively investigated by Fortier-Gauthier, Del'Aqua & Jolicoeur (2013), and Pomerleau et al. (2014a,b). In the present study, we replicate most of these authors' findings. Namely, a latency difference was observed between red-elicited N2pc and their green-elicited counterparts. No amplitude difference, however, reached significance between red and green elicited N2pcs. Like previous studies, our findings lend credence the idea that the experimenter's choice of stimulus color, and not just luminosity, should

be of concern in future electrophysiological studies. Also impacted by this color effect and also reproducing authors findings, the Ppc amplitude and latency was modulated by color. Bringing more evidence to the bottom up Ppc hypothesis, Corriveau et al. (2012) and Pomerleau et al. (2014a) studies showed no Ppc modulation when varying the SOA of a stimuli as a tool to observe attentional load variations.

Mixed blocks color decomposition :

Observed Ppc variance in mixed block and overall color effects on N2pc encouraged us to decompose mixed blocks into color groups even when both colors were used inside a mixed-block, thereby opposing red stimuli to green stimuli. When circled in red, stimuli do not respond as hypothesized in Figure 5 in two ways. First, the difference in amplitude between central and peripheral conditions weren't observed in this condition even though it was confirmed beforehand in pure blocks Figure 2. Secondly, the only experimental effect elicited N2pc which does not reach significance is the peripheral switching condition, whereas the peripheral switching condition was supposed to be one of the two conditions eliciting a N2pc. These results can be explained by color use; red stimuli elicit N2pcs and Ppcs sooner, so it's probable that red stimuli would more frequently capture visuospatial attention in mixed blocks, with subjects failing to properly filter them in central tasks. In the peripheral switching condition, we expected to observe a later N2pc representing the switch cost, though our results suggest otherwise. A plausible explanation for this observation also relies upon red colored favoritism in attentional orientation. Indeed, regardless of whether the stimuli were switching ones or repetitive ones, if red peripheral stimuli always capture attention, then the central switching condition also measures attentional deployment to peripheral stimuli.

The attention-enhancing effect of the color red is likely to be responsible for a precocious N2pc, which could be reaching a plateau and thus counteracting latency variations between switching and repetition tasks. For this to happen, the red effect would only have to influence both conditions and be of a stronger magnitude than switching cost. In other words, since all conditions benefit from red's attentional enhancing effect, switch cost

might be reduced or even suppressed. These interpretations are supported by the switch cost analysis over green stimuli in mixed blocks.

Indeed, we observed a significant amplitude effect of eccentricity as a latency effect related to switching cost when stimuli were green, in accordance with our hypothesis, and supporting our previous proposed explanation. As a matter of fact, green stimuli in mixed blocks elicited N2pc only on peripheral targets and not on central ones as red stimuli did. These results confirm that red stimuli have a clear tendency to automatically capture subject attention regardless of the stimulus' pertinence, and also confirms that subjects are able to effectively suppress green distractors in a mixed block. According to our hypothesis, we observe an N2pc latency modulation between switch tasks and repetitive tasks with green stimuli, representing the switch cost assumed to be observable in the N2pc. These results bring new evidence for the contribution of visuospatial attentional selection to switching cost. Moreover, these results suggests switching costs and mixing costs both rely on different cognitive processes and help characterize attentional influence over the N2pc component in more detail. In addition, the great sensitivity to noise highlighted in this study will prove useful in studying N2pc interactions with different ERP components such as the Ppc or the SPCN (sustained posterior contralateral negativity, involved in working memory) (Lefebvre et al. 2013, Corriveau et al. 2012) which could also be modulated by switching cost. If this were indeed the case, stimulus encoding would be impacted by switching cost because of the delay related to attentional deployment shown in the present study. In this scenario we would hypothesize a smaller SPCN caused by switch costs.

Switch cost on Ppc is also very clear. Overall our experimental conditions, no Ppc elicited whenever the stimuli were red in mixed blocks. When stimuli were green, however, a Ppc reached significance only in both switching conditions. This observation ran contrary to our hypotheses, as we find modulation in amplitude between switch and repetition conditions, but not modulations of latency in Ppcs. While we were not expecting to see any such cost effect over the Ppc (Corriveau et al., 2012; Pomerleau et al., 2014a,b), we report yet another switch cost modulation in which observed Ppcs goes

against classic interpretations stating the Ppc as a bottom up dominated ERP reflecting low level perceptual process. Our observations lead us, on the contrary, to explain the Ppc as a top-down component largely driven by attention, thus explaining its interaction with the switch cost. We also interpret the Ppc as a component influenced by individual attentional strategies deployed in order to save as many attentional resources as possible. As such, the Ppc could represent a pre selection process helping visuospatial attention deployment to filter relevant items, meaning the Ppc could reflect endogenous attentional deployment.

In pure blocks, especially when only peripheral stimuli must be processed, using bottom-up exogenous attention might be the fastest and the most efficient approach to information filtering. However mixed blocks are more complex and task switching probably require a better strategy to maintain acceptable detection accuracy. In mixed blocks, a filtering process to decrease the cognitive system distractibility towards distractors could be used by subjects in order to deploy their own visuospatial attention according to instructions, keeping distractors and exogenous temptation silent. This filtering process would confer benefits mostly when applied to the more salient red stimuli, which would require less endogenous attention from the subject than green stimuli to capture attention. The Ppc reduction or suppression in mixed blocks could then be related to a neuronal signal-to-noise ratio decrease for both green and red stimuli. Reducing Ppc amplitude by submerging bottom up signals with noise, or more precisely forcing the system to be less distractible, one might be able to reduce the size of the attentional spotlight. Thanks to this mechanism, red stimuli would be easily ignored and therefore less likely to capture attention without a nudge from the endogenous attentional system. If the endogenous attentional level required to process a stimulus were reflected by a Ppc peak, red stimuli wouldn't elicit such a response during observation. Green stimuli would likely require more endogenous attention to capture attention, and a Ppc would then be elicited whenever an attentional displacement is affected by endogenous attention. Therefore all conditions except central repetition condition would elicit Ppcs, or we don't observe any significant Ppc under conditions of peripheral repetition. This

phenomenon can easily be explained by peripheral stimuli positions around the great peripheral stimuli circle, since the peripheral repetition stimuli (N) can happen on the same visual hemifield as the previous peripheral stimuli (N-1). If presented in the same hemifield or too close to one another, repeated stimuli would no longer rely on the endogenous attention system to deploy attention, but rather on the exogenous processing system. Since the little exogenous capacities left intact by the filtering process would be sufficient to process a stimuli close to the subject attention focus location, the Ppc wouldn't appear in the peripheral repeat condition as observed. Moreover, this theory is coherent with Sawaki and Luck (2010) findings where a Ppc was suppressed by forcing subjects to focus on the center of the screen using a complex task.

In order to verify this hypothesis we could design an experiment using only a single color by mixing block to avoid color mixing interactions within mixed blocks while controlling repetition conditions such that the repeated stimulus (N) was always located on the opposite visual hemifield as the previous one (N-1).

Conclusion

Comparing repeated pure blocks tasks to mixed blocks repeated tasks, we were able to reproduce Ruge et al.'s (2006) mixing cost indexed by a N2pc-prolonged time course. Stimuli colors helped us control color ERP interactions effect over visuospatial attentional deployment following Fortier Gauthier et al. (2013), Pomerleau et al. (2014a,b), and we were able to reproduce most of their findings favoring attentional deployment towards red color stimuli.

In order to test for switch cost, we used two different tasks inside a same experimental block. In those mixed blocks both our tasks were presented, allowing us to measure a switch cost -- that is to say -- to measure this difference in impact over our components of interest, namely the N2pc and Ppc. This study's main result was to highlight a latency difference in the N2pc peak between switching tasks and repetition tasks, thus discovering an electrophysiological index of the switch cost. However this observation

raises a question we tried to assert in our discussion since the switch cost we observed was only significant when task relevant stimuli were green and not red. Moreover this study's second contribution was to bring new evidence in favor of a more top down understanding of the Ppc ERP component since we observed modulations depending on the experimental manipulation of attentional resources. Naturally, however, the extent and full nature of Ppc modulation by the attentional processes remains unclear at this point, and a more thorough investigation would help reduce experimental ambiguities enumerated in our discussion.

References

- Brisson, B., & Jolicœur, P. (2008). Express Attentional Re-Engagement but Delayed Entry into Consciousness Following Invalid Spatial Cues in Visual Search. *PLoS ONE*, 3(12). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0003967>
- De Jong, R. (2000). An intention-activation account of residual switch costs. In S. Monsell & J. Driver (Eds.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII* (pp. 357–376). Cambridge, MA: MIT Press.
- Dux, P. E., & Marois, R. (2009). The attentional blink: A review of data and theory. *Attention, Perception & Psychophysics*, 71(8), 1683–1700.
<http://doi.org/10.3758/app.71.8.1683>
- Eimer, M. (1996). The N2pc component as an indicator of attentional selectivity. *Electroencephalography And Clinical Neurophysiology*, 99(3), 225–234.
[http://doi.org/10.1016/0013-4694\(96\)95711-9](http://doi.org/10.1016/0013-4694(96)95711-9)
- Fortier-Gauthier, U., Dell'acqua, R., & Jolicœur, P. (2013). The “red-alert” effect in

- visual search: Evidence from human electrophysiology. *Psychophysiol Psychophysiology*, 50(7), 671–679. <http://doi.org/10.1111/psyp.12050>
- Hickey, C., McDonald, J. J., & Theeuwes, J. (2006). Electrophysiological Evidence of the Capture of Visual Attention. *Journal Of Cognitive Neuroscience*, 18(4), 604–613. <http://doi.org/10.1162/jocn.2006.18.4.604>
- Hickey, C., Lollo, V. D., & McDonald, J. J. (2009). Electrophysiological Indices of Target and Distractor Processing in Visual Search. *Journal Of Cognitive Neuroscience*, 21(4), 760–775. <http://doi.org/10.1162/jocn.2009.21039>
- Jersild, A. T. (1927). *Mental set and shift*. New York.
- Kiesel, A., Miller, J., Jolicoeur, P., & Brisson, B. (2008). Measurement of ERP latency differences: A comparison of single-participant and jackknife-based scoring methods. *Psychophysiology*, 45(2), 250–274. <http://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00618.x>
- Leblanc, É., Prime, D. J., & Jolicoeur, P. (2008). Tracking the Location of Visuospatial Attention in a Contingent Capture Paradigm. *Journal Of Cognitive Neuroscience*, 20(4), 657–671. <http://doi.org/10.1162/jocn.2008.20051>
- Lefebvre, C., Vachon, F., Grimault, S., Thibault, J., Guimond, S., Peretz, I., ... Jolicoeur, P. (2013). Distinct electrophysiological indices of maintenance in auditory and visual short-term memory. *Neuropsychologia*, 51(13), 2939–2952. <http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.08.003>
- Luck, S. J., Girelli, M., Mcdermott, M. T., & Ford, M. A. (1997). Bridging the Gap between Monkey Neurophysiology and Human Perception: An Ambiguity

- Resolution Theory of Visual Selective Attention. *Cognitive Psychology*, 33(1), 64–87. <http://doi.org/10.1006/cogp.1997.0660>
- Luck, S. J., & Hillyard, S. A. (1994). Electrophysiological correlates of feature analysis during visual search. *Psychophysiology*, 31(3), 291–308. <http://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1994.tb02218.x>
- Luck, S. J., & Kappenman, E. S. (2012). *Oxford handbook of event-related potential components*. Oxford: Oxford University Press.
- Mazza, V., Turatto, M., & Caramazza, A. (2009). Attention selection, distractor suppression and N2pc. *Cortex*, 45(7), 879–890. <http://doi.org/10.1016/j.cortex.2008.10.009>
- Mazza, V., Turatto, M., & Caramazza, A. (2009). An electrophysiological assessment of distractor suppression in visual search tasks. *Psychophysiology*, 46(4), 771–775. <http://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00814.x>
- Meiran, N. (1996). Reconfiguration of processing mode prior to task performance. *Journal Of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22(6), 1423–1442. <http://doi.org/10.1037//0278-7393.22.6.1423>
- Miller, J., Patterson, T., & Ulrich, R. (1998). Jackknife-based method for measuring LRP onset latency differences. *Psychophysiology*, 35(1), 99–115. <http://doi.org/10.1111/1469-8986.3510099>
- Monsell, S. (2003). Task switching. *Trends In Cognitive Sciences*, 7(3), 134–140. [http://doi.org/10.1016/s1364-6613\(03\)00028-7](http://doi.org/10.1016/s1364-6613(03)00028-7)
- Pomerleau, V. J., Fortier-Gauthier, U., Corriveau, I., Dell'acqua, R., & Jolicœur, P.

- (2014). Colour-specific differences in attentional deployment for equiluminant pop-out colours: Evidence from lateralised potentials. *International Journal Of Psychophysiology*, *91*(3), 194–205. <http://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.10.016>
- Pomerleau, V. J., Fortier-Gauthier, U., Corriveau, I., McDonald, J. J., Dell'Acqua, R., & Jolicœur, P. (2014). The attentional blink freezes spatial attention allocation to targets, not distractors: Evidence from human electrophysiology. *Brain Research*, *1559*, 33–45. <http://doi.org/10.1016/j.brainres.2014.02.029>
- Rogers, R. D., & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal Of Experimental Psychology: General*, *124*(2), 207–231. <http://doi.org/10.1037/0096-3445.124.2.207>
- Ruge, H., Stoet, G., & Naumann, E. (2006). Attentional set mixing: Effects on target selection and selective response activation. *Psychophysiology*, *43*(4), 413–421. <http://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2006.00419.x>
- Rugg, M. D., & Coles, M. G. H. (1995). *Electrophysiology of mind: event-related brain potentials and cognition*. Oxford: Oxford University Press.
- Sawaki, R., & Luck, S. J. (2010). Capture versus suppression of attention by salient singletons: Electrophysiological evidence for an automatic attend-to-me signal. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *72*(6), 1455–1470. <http://doi.org/10.3758/app.72.6.1455>
- Sharbrough, F., Chatrian, G.-E., Lesser, R. P., Lüders, H., Nuwer, M., & Picton, T. W. (1991). American Electroencephalographic Society Guidelines for Standard Electrode Position Nomenclature. *Journal Of Clinical Neurophysiology*, *8*(2),

200–202. <http://doi.org/10.1097/00004691-199104000-00007>

Smulders, F. T. Y. (2010). Simplifying jackknifing of ERPs and getting more out of it: Retrieving estimates of participants' latencies. *Psychophysiology*, *47*(2), 387–392. <http://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00934.x>

Ulrich, R., & Miller, J. (2001). Using the jackknife-based scoring method for measuring LRP onset effects in factorial designs. *Psychophysiology*, *38*(5), 816–827. <http://doi.org/10.1111/1469-8986.3850816>

Chapitre III : Discussion et conclusion

Discussion des résultats de l'article

La présente étude avait l'objectif principal d'examiner les modulations de l'attention visuospatiale dans un contexte d'alternance des tâches. Les modulations de deux composantes électrophysiologiques associées au déploiement de l'attention visuospatiale, la N2pc et la Ppc ont été étudiées et comparées à travers les différentes conditions expérimentales. Le processus de sélection attentionnelle était manipulé en fonction de conditions d'excentricité, la cible ou le distracteur pouvant se situer au centre de l'écran ou à sa périphérie, la couleur du stimulus périphérique, soit rouge soit vert, et enfin l'alternance des tâches, en utilisant des stimuli soit répétés soit alternés. Les résultats ont montré des modulations autant dans la N2pc que dans la Ppc (Figure 6), confirmant l'incidence de l'alternance des tâches sur le déploiement de l'attention visuospatiale. Cependant la modulation de ces interactions est dépendante de la couleur du stimulus périphérique utilisé, suggérant que toutes les tâches d'alternance ne souffrent pas nécessairement du coût d'alternance typiquement observé. Les paragraphes suivants décrivent ces modulations, leurs implications et les conditions dans lesquelles elles surviennent.

Conditions d'excentricité entre les blocs purs

Étant des composantes latéralisées, la N2pc comme la Ppc sont obtenues en calculant la différence de potentiel entre les deux hémisphères cérébraux lors de la présentation de stimuli latéralisés. Puisque les potentiels déclenchés par les stimuli présentés sur l'axe vertical s'annulent, l'axe vertical est utilisé dans plusieurs études pour isoler plus finement les cibles et les distracteurs, comme pour tester l'importance de la présence d'une cible dans l'apparition de la N2pc (Eimer 1996). La validation de cet effet attendu est constatée dans la présente étude (Figure 2), une différence d'amplitude de la N2pc est en effet constaté lorsque nous la comparons dans les deux conditions

d'excentricité au travers des deux blocs purs ; La N2pc est significativement plus ample lorsque le stimuli est périphérique que lorsque le stimuli est central. La Ppc est également une composante latéralisée, toutefois aucune différence d'amplitude n'est observée lorsque les deux conditions d'excentricité sont comparées au sein des blocs purs, ce qui corrobore les observations de la Ppc de Corriveau et al. (2012), interprétée comme une manifestation bas niveau de la détection d'un stimuli. Dans ce cas précis, nous expliquons l'apparition d'une Ppc dans les deux conditions d'excentricité par le fait que celle-ci puisse être générée par le stimulus périphérique dans les deux conditions. En effet, dans la condition centrale, le stimulus périphérique coloré ne peut être qu'un distracteur, puisque la consigne indique au sujet de ne porter attention qu'au stimuli centraux, tandis que dans la condition périphérique, le stimulus périphérique peut aussi bien être un distracteur qu'une cible.

Cout de mixage

Confirmant les observations de Ruge et al. (2006), aucune différence d'amplitude de la N2pc n'est mise en évidence à la comparaison des tableaux présentés en répétition dans les blocs purs comparés aux tableaux présentés en répétition dans les blocs mixtes. De mêmes manières, aucune différence de latence n'est observée sur la N2pc entre les deux types de blocs, ce qui, comme Ruge et al. (2006) le formulent, invalide l'hypothèse de De Jong (2000) qui postulait qu'une partie des coûts de mixage étaient liés à une différence de latence dans la sélection de la cible causée par la nécessité d'un temps supplémentaire de décodage de la cible.

Une différence dans le décours temporel de la N2pc est toutefois observée entre les deux conditions, reproduisant les résultats de Ruge et al. (2006). Cette différence du décours temporel de la N2pc est expliquée par les auteurs comme la possibilité que plus de temps soit imparti à l'extraction d'information à propos de la cible dans l'anticipation de la réponse. En effet, il est possible que cette différence de décours temporel soit liée à une stratégie des sujets, qui face à une tâche plus complexe privilégient la précision à la

vitesse d'extraction des propriétés des stimuli, ce faisant prolongeant le décours temporel de la N2pc.

Bien qu'une Ppc soit visible dans les deux types de blocs (Figure 3), seule la Ppc des blocs purs est significative, cependant aucune différence d'amplitude entre ces deux conditions n'est statistiquement significative, ce qui signifie que dans les blocs mixtes, la Ppc subit une grande variance, et nous amène à étudier l'effet de la couleur et de l'alternance.

Effet global de couleur

L'effet de la couleur sur l'attention visospatiale et notamment sur la N2pc a été étudié en détail par Fortier-Gauthier, Del'Aqua & Jolicoeur (2013) ou encore Pomerleau et al, (2014a,b), nous répliquons ici la majorité des résultats des auteurs, une différence de latence est ainsi observée entre une N2pc générée par un stimulus de la couleur rouge et une N2pc générées par un stimulus de couleur verte. Aucune différence d'amplitude de la N2pc n'est par contre constatée dans notre expérience à la différence des observations des auteurs. Ces résultats appuient davantage encore sur la différence que les couleurs peuvent avoir dans le système d'attention visospatiale et appellent à la prudence dans la conception d'expériences utilisant des contrastes de couleurs. Le fait que la N2pc varie en amplitude et en latence en fonction de la simple couleur du stimulus utilisé indique qu'un traitement préférentiel soit appliqué par le système attentionnel pour biaiser le déploiement de l'attention en faveur des stimuli rouge. Aussi, même si les stimuli rouge et vert sont équivalents, la saillance perceptive des stimuli n'est ni égale ni équivalente, ce qui nous amène à recommander d'éviter d'utiliser des couples de couleurs trop perceptuellement distincts dans le but de réduire le bruit expérimental au maximum dans les études d'électrophysiologie.

La Ppc est également impactée par cette différence de couleur, reproduisant également les observations des auteurs, une différence d'amplitude et de latence est également constatée entre la Ppc générée par un stimulus rouge et un stimulus vert. Le fait que la

Ppc générée par un stimulus rouge ait une amplitude significativement plus large et plus précoce qu'une Ppc générée par un stimulus vert nous suggère une grande influence des processus ascendants sur la Ppc comme l'ont proposés Corriveau et al. (2012) ou Pomerleau et al. (2014) se basant également sur l'absence de variation de la Ppc malgré des manipulations de SOA, notamment dans un paradigme de clignement attentionnel (attentional blink) habituellement utilisé pour tester des variations attentionnelles. Cependant l'analyse en détail de l'incidence des variations de couleurs sur le coût d'alternance apportera des éléments contradictoires à cette explication.

Décomposition des blocs mixtes par couleur :

Les résultats précédents, et notamment la variance de Ppc au sein du bloc mixte dans l'étude des coûts de mixage, ainsi qu'une observation liminaire du bloc mixte nous amène à décomposer le bloc mixte en deux facteurs, le bloc mixte où tous les stimuli colorés sont rouges et le bloc mixte où tous les stimuli colorés sont verts. Lorsque les stimuli sont rouges, l'analyse du bloc mixte ne correspond pas du tout à nos hypothèses les plus modestes. Tout d'abord la différence d'amplitude de la N2pc entre les conditions centrales et les conditions périphérique, par ailleurs confirmée (Figure 2), n'est pas observée dans cette condition. Plus étrange encore, la seule condition qui n'atteint pas le seuil de significativité se trouve être la condition d'alternance en périphérie. Ces résultats bien qu'étonnant peuvent facilement être expliqués par les observations préalables des variations liées à l'utilisation des stimuli de couleur. La couleur rouge suscitant une N2pc ainsi qu'une Ppc respectivement plus précoce et plus marquée peut facilement expliquer ces résultats. Tandis que nous postulions également une différence entre les conditions d'excentricité dans le bloc mixte ainsi qu'une différence de latence entre les conditions de répétition et d'alternance, la couleur rouge semble diriger l'attention des sujets dans tous les cas sur le stimulus de couleur. Cette explication rend compte de la présence de N2pc chez les sujets tandis qu'ils avaient pour consigne de déployer leur attention sur les

stimuli centraux au sein des blocs mixtes. Dans ces conditions, la couleur rouge attire inéluctablement l'attention des sujets sur la périphérie créant un potentiel latéralisé, la N2pc. Nous postulons également une différence de latence de N2pc entre les conditions de répétition et d'alternance, or lorsque les stimuli sont rouges, nous n'en observons pas. Une des explications plausibles pour rendre compte de cette observation réside également dans le déploiement favorisé de l'attention vers les stimuli rouges. Que le stimulus cible soit un stimulus alterné ou répété, si le stimulus qui attire le plus l'attention est invariablement le stimulus périphérique, alors l'analyse du stimulus alterné central mesure en réalité également le déploiement de l'attention vers le stimulus périphérique. Par conséquent, il est probable que l'accélération du déploiement de l'attention visuospatial caractérisé par une latence précoce de la N2pc dans le cas des stimuli de couleur rouge atteigne un plateau au-delà duquel la latence ne varie plus. Dans ce cas, la latence de la N2pc dans toutes les conditions serait davantage influencée par la couleur rouge que par le coût d'alternance que nous cherchons à mettre en évidence. En d'autres termes, puisque toutes les conditions bénéficient de l'accélération de traitement lié à l'utilisation d'un stimulus rouge, il est possible que le coût d'alternance soit écrasé par ce biais.

Dans les mêmes conditions et à la seule différence de la couleur du cerclage du stimulus périphérique, les résultats obtenus par l'analyse du coût d'alternance soutiennent ces interprétations. En effet, contrairement aux essais dans lesquels le stimulus périphérique est cerclé de rouge, aucune N2pc n'est générée dans les conditions centrales aux stimuli cerclés de vert. Ces résultats confirment une influence très nette de la couleur rouge à attirer l'attention des sujets sur les stimuli colorés même lorsque ceux-ci ne sont pas pertinents à la réalisation de la tâche, tandis que les sujets parviennent à ignorer les stimuli colorés lorsque ceux-ci sont verts. Conformément à nos hypothèses, une différence de latence significative est observée entre la condition de répétition périphérique et la condition d'alternance périphérique. Comme attendu, dans la condition d'alternance, la N2pc est générée significativement plus tard que dans la condition de répétition. Ces résultats confirment la contribution du déploiement de l'attention

visuospatiale dans le coût d'alternance, ce qui, en plus de suggérer que les coûts d'alternance et les coûts de mixage ne sont pas suscités par les mêmes mécanismes cognitifs, nous permet de mieux comprendre et définir les processus sous tendant la N2pc et de démontrer l'importance des mécanismes descendants dans le déploiement de l'attention visuospatiale. La grande sensibilité aux interférences du système de perception et de catégorisation de stimuli pertinents découverte ici nous permettra également à l'avenir de faire des conjectures et d'étudier les interactions de la N2pc avec d'autres composantes électrophysiologiques. L'étude de composantes reliées à la mise en mémoire comme la SPCN (Lefebvre et al. 2013, Corriveau et al. 2012) pourrait également être impactée par le coût d'alternance de manière directe, le stimuli pouvant y être encodé de manière plus dégradée du fait d'un délai de traitement lié au déploiement de l'attention visuospatiale tel que démontré dans cette étude. Dans ce cas nous pouvons par exemple prédire une amplitude plus faible de la SPCN du fait du coût d'alternance.

L'effet du coût d'alternance sur la Ppc est également très net. Dans le cas où la couleur rouge est utilisée dans les blocs mixtes, aucune Ppc n'atteint un seuil de significativité tandis que dans les tableaux utilisant des stimuli verts, la Ppc est significative dans les deux conditions d'alternance et non significatives dans les conditions de répétition. Contrairement à nos hypothèses et bien que l'alternance semble jouer un rôle crucial dans ces observations, aucun effet de latence n'est observé entre les deux Ppc générées par les conditions d'alternance lorsque les stimuli sont verts. Alors que nous ne nous attendions pas à observer d'effet d'alternance sur la Ppc, confirmant les hypothèses de Corriveau et al. (2012) ou encore Pomerleau et al. (2014a,b) sur sa nature perceptive et ascendante, nous observons ici une autre manifestation de l'effet d'alternance. Modulée par la condition d'alternance, la Ppc observée va à l'encontre de l'interprétation classique postulant celle-ci comme une composante dominée par des processus ascendants et reflétant un processus perceptif de bas niveau. Nos observations nous amènent au contraire à interpréter la Ppc comme une composante largement modulée par des

processus descendants attentionnels puisque manifestement influencée par le coût d'alternance.

Nous proposons que la Ppc reflète un processus de présélection des stimuli pertinents au déploiement de l'attention visuospatial et que ce processus soit influencé par les stratégies d'économie attentionnelles des sujets.

La Ppc pourrait alors être le reflet d'un processus d'orientation volontaire de l'attention endogène. Dans les blocs purs et notamment lorsque seuls les stimuli périphériques doivent être traités par les sujets, utiliser une attention exogène complètement ascendante pourrait être la stratégie la plus économe en ressources attentionnelles ainsi que la plus rapide. Toutefois les blocs mixtes sont plus complexes à traiter, et l'alternance des tâches nécessite probablement de mettre en place une stratégie plus efficace. Dans les blocs mixtes, un filtrage pour réduire la distractibilité du système cognitif aux distracteurs pourrait être utilisé par les sujets dans le but d'être en mesure d'orchestrer lui-même le déplacement de leur attention sans se reposer sur un mécanisme exogène. Un tel filtrage favoriserait alors largement les stimuli rouges, plus saillants qui auraient besoin de moins d'attention endogène de la part du sujet que les stimuli verts pour attirer l'attention. La réduction voire l'annulation de la Ppc dans les blocs mixtes pourrait donc s'expliquer par la réduction du rapport signal sur bruit neuronal tant pour les stimuli rouges que pour les stimuli verts. En submergeant de bruit le processus attentionnel ascendant créant la distractibilité aux stimuli saillants, le système cognitif réduirait la taille de son faisceau attentionnel, ce qui se traduirait par une absence de Ppc. Grâce à ce mécanisme, les stimuli rouges seraient plus facilement ignorés lorsqu'ils ne sont pas pertinents à la tâche, ils n'auraient également besoin que de très peu d'attention endogène pour capter l'attention du sujet. Si le niveau d'attention endogène requis pour traiter un stimuli était traduit par un pic de Ppc, alors comme nous l'observons, les stimuli rouges n'en provoqueraient pas. Les stimuli verts eux auraient besoin de plus d'attention endogène pour réussir à attirer l'attention des sujets, ce qui se traduirait par une Ppc dans les cas où un déplacement attentionnel est effectué, soit dans toutes les conditions exceptées dans le cas de répétition centrale, or nous n'observons pas de Ppc dans la condition de répétition

périphérique non plus. Ce phénomène peut toutefois s'expliquer par la position des cibles périphériques, puisqu'en effet une répétition de cible périphérique peut se produire dans le même hémichamp visuel que le stimulus précédent, réduisant la distance entre les deux stimuli et réduisant donc l'attention endogène nécessaire à déployer dans le but d'atteindre la cible. Dans ce cas, puisque le focus attentionnel du sujet est proche du stimuli coloré, l'attention exogène suffirait à détecter le stimulus malgré le filtrage. Cette explication est cohérente avec les résultats obtenus par Sawaki et Luck (2010) qui parviennent à supprimer la Ppc en forçant le sujet à effectuer une tâche complexe au centre de l'écran de présentation.

Dans le but de vérifier cette hypothèse, nous proposons d'utiliser des blocs mixtes composés de stimulus d'une seule couleur pour réduire les effets d'interactions des couleurs sur les séquences de présentation et de contrôler les conditions de répétition de telle sorte qu'une répétition d'une cible périphérique apparaisse toujours dans l'hémichamp visuel opposé de la cible précédente.

Conclusion

En comparant les essais répétés des blocs purs aux essais répétés du bloc mixte, nous avons été en mesure de reproduire les coûts de mixage observés par Ruge et al. (2006) indexés par un décours temporel prolongé de la N2pc. La couleur des stimuli utilisés nous permettait de contrôler l'effet de la couleur sur le déploiement de l'attention visuelle après que des études en ait déjà démontré l'impact sur nos composantes électrophysiologiques d'intérêt (Fortier Gauthier et al. 2013, Pomerleau et al. 2014a,b) dont nous avons également été en mesure de reproduire la plupart des observations dans le sens d'un traitement favorable aux stimuli de couleur rouge.

Pour tester le coût d'alternance, nous avons fait varier deux types de tâches au sein d'un même type de bloc expérimental. Dans ces blocs mixtes, des essais au sein desquels les deux types de tâches se succédaient ou s'alternaient nous ont permis de mesurer un coût d'alternance, soit l'impact de ces variations sur la N2pc et la Ppc, nos composantes

d'intérêt. Le résultat principal de cette étude consiste à la mesure d'une plus grande latence de N2pc dans la condition d'alternance que dans la condition de répétition au sein d'un bloc mixte, confirmant le coût d'alternance. Toutefois cette observation soulève une question à laquelle nous avons tenté d'apporter des réponses, puisqu'elle n'est réalisée que lorsque les stimuli sont verts et qu'à contrario aucune différence de latence n'est observée lorsque les stimuli sont rouges. Deuxièmement, la seconde contribution de cette étude consiste à apporter des éléments en faveur d'une compréhension de la Ppc comme une composante capable d'être influencée par des processus descendants puisque nous l'observons varier en même temps que nous manipulons l'attention des sujets. Enfin, la manière dont la Ppc est modulée par les processus attentionnels reste peu claire et une investigation plus rigoureuse sur cette composante permettrait de réduire les ambiguïtés expérimentales relevées dans notre discussion.

Références

Bibliography

- Brisson, B., & Jolicœur, P. (2008). Express Attentional Re-Engagement but Delayed Entry into Consciousness Following Invalid Spatial Cues in Visual Search. *PLoS ONE*, 3(12). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0003967>
- De Jong, R. (2000). An intention-activation account of residual switch costs. In S. Monsell & J. Driver (Eds.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII* (pp. 357–376). Cambridge, MA: MIT Press.
- Dux, P. E., & Marois, R. (2009). The attentional blink: A review of data and theory. *Attention, Perception & Psychophysics*, 71(8), 1683–1700.
<http://doi.org/10.3758/app.71.8.1683>
- Eimer, M. (1996). The N2pc component as an indicator of attentional selectivity. *Electroencephalography And Clinical Neurophysiology*, 99(3), 225–234.
[http://doi.org/10.1016/0013-4694\(96\)95711-9](http://doi.org/10.1016/0013-4694(96)95711-9)
- Fortier-Gauthier, U., Dell'acqua, R., & Jolicœur, P. (2013). The “red-alert” effect in visual search: Evidence from human electrophysiology. *Psychophysiol Psychophysiology*, 50(7), 671–679. <http://doi.org/10.1111/psyp.12050>
- Hickey, C., McDonald, J. J., & Theeuwes, J. (2006). Electrophysiological Evidence of the Capture of Visual Attention. *Journal Of Cognitive Neuroscience*, 18(4),

604–613. <http://doi.org/10.1162/jocn.2006.18.4.604>

Hickey, C., Lollo, V. D., & McDonald, J. J. (2009). Electrophysiological Indices of Target and Distractor Processing in Visual Search. *Journal Of Cognitive Neuroscience*, *21*(4), 760–775. <http://doi.org/10.1162/jocn.2009.21039>

Jersild, A. T. (1927). *Mental set and shift*. New York.

Kiesel, A., Miller, J., Jolicoeur, P., & Brisson, B. (2008). Measurement of ERP latency differences: A comparison of single-participant and jackknife-based scoring methods. *Psychophysiology*, *45*(2), 250–274.

<http://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00618.x>

Leblanc, É., Prime, D. J., & Jolicoeur, P. (2008). Tracking the Location of Visuospatial Attention in a Contingent Capture Paradigm. *Journal Of Cognitive Neuroscience*, *20*(4), 657–671. <http://doi.org/10.1162/jocn.2008.20051>

Lefebvre, C., Vachon, F., Grimault, S., Thibault, J., Guimond, S., Peretz, I., ... Jolicoeur, P. (2013). Distinct electrophysiological indices of maintenance in auditory and visual short-term memory. *Neuropsychologia*, *51*(13), 2939–2952.

<http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.08.003>

Luck, S. J., Girelli, M., McDermott, M. T., & Ford, M. A. (1997). Bridging the Gap between Monkey Neurophysiology and Human Perception: An Ambiguity Resolution Theory of Visual Selective Attention. *Cognitive Psychology*, *33*(1), 64–87. <http://doi.org/10.1006/cogp.1997.0660>

Luck, S. J., & Hillyard, S. A. (1994). Electrophysiological correlates of feature analysis during visual search. *Psychophysiology*, *31*(3), 291–308.

- <http://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1994.tb02218.x>
- Luck, S. J., & Kappenman, E. S. (2012). *Oxford handbook of event-related potential components*. Oxford: Oxford University Press.
- Mazza, V., Turatto, M., & Caramazza, A. (2009). Attention selection, distractor suppression and N2pc. *Cortex*, *45*(7), 879–890.
<http://doi.org/10.1016/j.cortex.2008.10.009>
- Mazza, V., Turatto, M., & Caramazza, A. (2009). An electrophysiological assessment of distractor suppression in visual search tasks. *Psychophysiology*, *46*(4), 771–775.
<http://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00814.x>
- Meiran, N. (1996). Reconfiguration of processing mode prior to task performance. *Journal Of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *22*(6), 1423–1442. <http://doi.org/10.1037//0278-7393.22.6.1423>
- Miller, J., Patterson, T., & Ulrich, R. (1998). Jackknife-based method for measuring LRP onset latency differences. *Psychophysiology*, *35*(1), 99–115.
<http://doi.org/10.1111/1469-8986.3510099>
- Monsell, S. (2003). Task switching. *Trends In Cognitive Sciences*, *7*(3), 134–140.
[http://doi.org/10.1016/s1364-6613\(03\)00028-7](http://doi.org/10.1016/s1364-6613(03)00028-7)
- Pomerleau, V. J., Fortier-Gauthier, U., Corriveau, I., Dell'acqua, R., & Jolicœur, P. (2014). Colour-specific differences in attentional deployment for equiluminant pop-out colours: Evidence from lateralised potentials. *International Journal Of Psychophysiology*, *91*(3), 194–205. <http://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.10.016>
- Pomerleau, V. J., Fortier-Gauthier, U., Corriveau, I., McDonald, J. J., Dell'Acqua, R., &

- Jolicœur, P. (2014). The attentional blink freezes spatial attention allocation to targets, not distractors: Evidence from human electrophysiology. *Brain Research, 1559*, 33–45. <http://doi.org/10.1016/j.brainres.2014.02.029>
- Rogers, R. D., & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal Of Experimental Psychology: General, 124*(2), 207–231. <http://doi.org/10.1037/0096-3445.124.2.207>
- Ruge, H., Stoet, G., & Naumann, E. (2006). Attentional set mixing: Effects on target selection and selective response activation. *Psychophysiology, 43*(4), 413–421. <http://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2006.00419.x>
- Rugg, M. D., & Coles, M. G. H. (1995). *Electrophysiology of mind: event-related brain potentials and cognition*. Oxford: Oxford University Press.
- Sawaki, R., & Luck, S. J. (2010). Capture versus suppression of attention by salient singletons: Electrophysiological evidence for an automatic attend-to-me signal. *Attention, Perception, & Psychophysics, 72*(6), 1455–1470. <http://doi.org/10.3758/app.72.6.1455>
- Sharbrough, F., Chatrian, G.-E., Lesser, R. P., Lüders, H., Nuwer, M., & Picton, T. W. (1991). American Electroencephalographic Society Guidelines for Standard Electrode Position Nomenclature. *Journal Of Clinical Neurophysiology, 8*(2), 200–202. <http://doi.org/10.1097/00004691-199104000-00007>
- Smulders, F. T. Y. (2010). Simplifying jackknifing of ERPs and getting more out of it: Retrieving estimates of participants' latencies. *Psychophysiology, 47*(2), 387–392. <http://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00934.x>

Ulrich, R., & Miller, J. (2001). Using the jackknife-based scoring method for measuring LRP onset effects in factorial designs. *Psychophysiology*, 38(5), 816–827.
<http://doi.org/10.1111/1469-8986.3850816>