

THÈSE DE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ

Préparée à l'Université de Franche-Comté

Ecole doctorale n° 594 - Sociétés, Espaces, Pratiques, Temps (SEPT)

Doctorat de Psychologie Cognitive

Par

Mahé Arexis

**La capture attentionnelle : « *transposabilité* » du phénomène du
laboratoire au monde réel**

Thèse présentée et soutenue à Besançon, le 27 septembre 2018

Composition du Jury :

M. MICHAEL George A., Professeur, Université Lumière Lyon 2, Président du Jury

M. BOUQUET Cédric, Professeur, Université de Poitiers, Rapporteur

Mme DORÉ-MAZARS Karine, Professeur, Université Paris Descartes, Rapporteur

M. DIDIERJEAN André, Professeur, Université de Franche-Comté, Directeur de thèse

M. MAQUESTIAUX François, Professeur, Université de Franche-Comté, Directeur de thèse

Remerciements

Mes premiers remerciements vont à mes directeurs de thèse, André Didierjean et François Maquestiaux. Merci de m'avoir guidée tout au long de ce travail avec tant de patience et de gentillesse. Je ne pouvais espérer de meilleurs encadrants. Merci du fond du cœur.

Je remercie également Madame et Messieurs les Professeurs Karine Doré-Mazars, Cédric Bouquet et George A. Michael, qui m'ont fait l'honneur d'accepter d'être membres du jury de ma thèse.

Mes recherches doctorales se sont déroulées au sein de la Maison des Sciences de l'Homme et de l'Environnement Claude-Nicolas Ledoux (MSHE - USR 3124) et du Laboratoire de Psychologie EA3188 de l'Université de Franche-Comté. Un très grand merci à tous les membres et personnels de ces unités/laboratoires de recherche qui m'ont permis d'effectuer mes travaux de recherche dans des conditions optimales.

De la même manière, je remercie sincèrement l'ensemble du personnel de l'Ecole Doctorale SEPT (anciennement Ecole Doctorale LETS).

Je pense à mes collègues et amis doctorants, pour certains ex-doctorants et désormais docteurs. La vie n'étant pas un long fleuve tranquille, les épreuves n'ont pas manqué tout au long de ce chemin que nous avons parcouru ensemble. Votre soutien m'a beaucoup touchée et je vous remercie d'être là.

Les remerciements ne sont certainement pas l'exercice le plus facile dans la rédaction d'une thèse ! Exprimer en quelques mots, toute la gratitude, toute l'affection que l'on porte à nos proches... je ferai simple...

Merci à vous, mes chers amis, mes cousins, cousines, belles-sœurs, beau-frère, nièce, oncles et tantes, beaux-parents, petits-cousins, petites-cousines, de « ma » famille ou par alliance, tous adorés ! De tout cœur, merci d'être présents dans ma vie.

A ma chère grand-mère, « *dans la vie faut pas s'en faire... moi je ne m'en fais pas !* », toujours positive, agréable et gentille, merci !!

Ceux qui, je l'espère, nous regardent, de tout là-haut, et qui me manquent tellement... je pense à vous.

Mon petit frère adoré, tu es un exemple de courage de gentillesse. Tu es mon héros. Merci.

Papa, Maman... mes exemples, mes héros, mes repères. MERCI ! Vous contribuez chaque jour à mon bonheur. Je vous dédie cette thèse.

J'en viens à toi, José. Ton soutien inconditionnel, tes conseils avisés, ton immense patience, je ne saurai jamais assez te remercier. Merci de partager ta vie avec moi.

Enfin, mes deux anges, mes deux poupées, les merveilleuses lumières au bout du long tunnel, venues illuminer mon existence. Je vous adore, Sibylle et Rose.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'José', with a stylized underline.

Titre : La capture attentionnelle : « *transposabilité* » du phénomène du laboratoire au monde réel

Mots clés : Capture attentionnelle ; attention ; double-tâche ; transposabilité au monde réel ; capture attentionnelle contingente ; charge cognitive

Résumé : Depuis une vingtaine d'années, la littérature scientifique traitant de la capture attentionnelle a mis en évidence, à l'aide de paradigmes expérimentaux testés en laboratoire, un certain nombre de processus attentionnels fondamentaux. Bien que les résultats obtenus « en laboratoire » à partir de stimuli visuellement « simples » méritent encore d'être investigués, depuis quelques années se pose la question de la « *transposabilité* » de ces observations à des objets et des situations issus du monde réel. Les phénomènes observés en laboratoire à partir d'un matériel visuellement simple sont-ils transposables à des situations, complexes, de la vie quotidienne ? Afin de répondre à cette question, nous avons créé et testé différentes conditions proches de celles du monde réel,

notamment en expérimentant en situation de double-tâche, en utilisant un matériel visuellement complexe extrait du monde réel (c.-à-d. des photographies de conduite automobile), en faisant varier la fréquence d'apparition de l'élément distracteur ou bien encore en testant une nouvelle caractéristique du distracteur, la dimension sémantique. Nos résultats révèlent les conditions d'apparition du phénomène de capture attentionnelle dans des situations s'approchant de celles du monde réel. Nous avons tout particulièrement détaillé dans cet ouvrage le cas de l'effet de *capture attentionnelle contingente*, phénomène majeur et robuste de la capture attentionnelle, y compris dans des situations visuellement complexes.

Title : Attentional capture : from laboratory to real-world situations

Keywords : Attentional capture ; attention ; dual-task situation ; generalizing to real-world situations ; contingent attentional capture ; cognitive load

Abstract : During the last two decades, studies about attentional capture revealed some major basic attentional processes by using several experimental paradigms. While further investigations need to be conducted by using simple visual stimuli, a raising question concerns the possibility to generalize laboratory findings to much more complex real-world situations. Indeed, basic attentional capture studies usually use simple stimuli while real-world displays are generally rich in visual information. To answer this issue, we conducted several experiments under close to real-world conditions, such as testing

dual task situations, using complex visual stimuli from real-world situations (e.g. driving-scenes photographs), modulating the distractor frequency or testing attentional capture at a semantic and conceptual dimension. Our results revealed the conditions in which the attentional capture phenomenon occurs in close to real-world situations. We particularly discussed in our work the *contingent attentional capture* phenomenon which appears to be a strong and robust effect, in both laboratory and close to real-world situations.

Table des matières

Introduction - L'attention	8
1. Contexte et introduction théoriques	10
1.1 La capture attentionnelle	10
1.1.1 Mise en évidence d'un contrôle attentionnel exclusivement bottom-up	11
1.1.2 Mise en évidence d'un contrôle attentionnel top-down	15
1.2 Capture attentionnelle : vif débat autour des deux hypothèses de contrôle attentionnel	18
1.3 Ressources attentionnelles : l'influence majeure de la charge cognitive et sa capacité à moduler la capture attentionnelle	21
1.3.1 Modulation du coût attentionnel de la tâche de recherche principale	21
1.3.2 Entraînement à une tâche et modulation volontaire des ressources attentionnelles	22
1.3.3 Modification de la charge perceptive	23
1.3.4 Les doubles-tâches	26
1.4 (Dis-)similitudes et transposition du phénomène de capture attentionnelle du laboratoire au monde réel	29
1.4.1 Utilisation d'images d'objets provenant du monde réel	29
1.4.2 Variation de la fréquence d'apparition et de la signification du distracteur	31
1.4.3 Expérimentation en situation de double-tâches	34
1.5 Attention, capture attentionnelle et propriétés sémantiques des stimuli	36
1.5.1 Dimension sémantique, Attentional Blink, et théorie des deux temps d'interprétation sémantique	37
1.5.2 Rôle de la sémantique et de la saillance affective sur la capture attentionnelle	41
1.5.3 Phénomène de capture attentionnelle contingente sémantique en tâche RSVP	43
1.6 Présentation de notre thème de recherche	48
2. Étude 1 – Effets de l'augmentation de la charge cognitive sur la capture attentionnelle	51
2.1 Objectifs de l'étude 1	51
2.2 Méthode	55
2.3 Résultats	61
2.3.1 Comparaison des trois groupes	61
2.3.2 Effets par types de tâche	66
2.3.2.1 Tâche simple (tâche sans son)	66
2.3.2.2 Tâche avec son	67

2.3.2.3 Double-tâche (tâche visuelle + tâche auditive)	68
2.4 Discussion	71
3. Étude 2 – Capture attentionnelle dans des situations de scènes routières	77
3.1 Objectifs de l'étude 2	77
3.2 Expérience 1	81
3.2.1 Méthode de l'expérience 1	81
3.2.2 Résultats de l'expérience 1	86
3.2.3 Discussion de l'expérience 1	89
3.3 Expérience 2	90
3.3.1 Méthode de l'expérience 2	90
3.3.2 Résultats de l'expérience 2	91
3.3.3 Discussion de l'expérience 2	94
3.4 Expérience 3	95
3.4.1 Méthode de l'expérience 3	95
3.4.2 Résultats de l'expérience 3	97
3.4.3 Discussion de l'expérience 3	101
3.5 Discussion générale de l'étude 2	103
4. Étude 3 – Mise en évidence d'effets de capture attentionnelle de nature sémantique	109
4.1 Objectifs de l'étude 3	109
4.2 Méthode	113
4.3 Résultats	119
4.3.1 Résultats de l'expérience 1 (distracteurs images)	119
4.3.2 Résultats de l'expérience 1 "bis" (distracteurs images à une seule localisation)	122
4.3.3 Résultats de l'expérience 2 (distracteurs mots)	125
4.4 Discussion	128
5. Discussion générale	131
Conclusion	135
Références	142
Annexes	154

Introduction - L'attention

« Il ouvrit paresseusement la St James's¹ et la parcourut. Son regard fut attiré par une marque au crayon rouge sur la cinquième page. Elle appelait son attention sur le paragraphe ci-dessous : ENQUÊTE JUDICIAIRE SUR UNE COMÉDIENNE. »

Oscar Wilde, *Le Portrait de Dorian Gray*, 1891

William James, précurseur de la psychologie expérimentale aux Etats-Unis à la fin du XIX^{ème} siècle, décrivait l'attention comme *« la prise de possession par l'esprit, sous une forme claire et vive, d'un objet ou d'une suite de pensées parmi plusieurs qui semblent possibles [...] Elle implique le retrait de certains objets afin de traiter plus efficacement les autres »* (1890).

Chacun d'entre nous expérimente au quotidien des situations qui sollicitent et nécessitent notre attention. *« Je n'y ai pas porté attention », « fais attention ! », « il a suffi de quelques secondes d'inattention... »* : l'attention est au centre de nos activités, elle régule, trie et priorise le flux d'informations qui parvient à notre conscience. En cela, elle est considérée comme une fonction cognitive de « haut-niveau », indispensable au fonctionnement des autres processus cognitifs (mémoire, langage, fonctions exécutives...).

Différents types d'attentions ont été mis en évidence (pour un traité exhaustif sur la psychologie de l'attention, voir Maquestiaux, 2017). L'*attention sélective* renvoie

¹ Il est ici question de la troisième édition de la *St James's Gazette*, évoquée plus tôt dans le chapitre 10 du *Portrait de Dorian Gray*. Pour information, ce journal londonien a réellement existé et a été publié de 1880 à 1905. De nombreux auteurs célèbres, dont Oscar Wilde, ont publié de courts essais dans ce journal.

par exemple au mécanisme volontaire de focalisation de l'attention uniquement sur des informations pertinentes à la tâche en cours (p. ex. lorsqu'une personne focalise son attention sur le livre qu'elle est en train de lire dans le métro, inhibant les informations non-pertinentes telles que le bruit environnant) (Treisman, 1969 ; pour une revue de question sur le sujet voir Driver 2001). Quant à l'*attention divisée*, elle consiste à partager nos ressources attentionnelles entre plusieurs tâches, chose que nous pratiquons au quotidien (lorsque par exemple nous discutons avec le passager tout en conduisant une voiture). Enfin, une dernière distinction concerne l'*attention soutenue*, qui correspond à la capacité à maintenir notre attention de manière continue sur une longue durée (p. ex. lorsqu'un élève suit un cours à l'école).

Ces différents types d'attention relèvent de mécanismes **volontaires**. En effet, l'attention est guidée par nos buts et nos intentions, ce que l'on peut qualifier de *contrôle endogène, top-down* ou bien encore de *processus descendant* (voir Figure 1).

Il existe cependant des situations que nous rencontrons très fréquemment lors desquelles notre attention est *capturée* par un stimulus visuel ou auditif, et ce, de manière totalement **involontaire**. Ce phénomène est appelé la **capture attentionnelle**.

1. Contexte et introduction théoriques

1.1 La capture attentionnelle

Le phénomène de capture attentionnelle résulte d'un *mouvement exogène* lors duquel l'attention est capturée indépendamment de notre volonté et de nos intentions par certains stimuli visuels ou auditifs de notre environnement. Le contrôle attentionnel est exercé ici de manière *ascendante*, appelé aussi *bottom-up* (voir Figure 1).

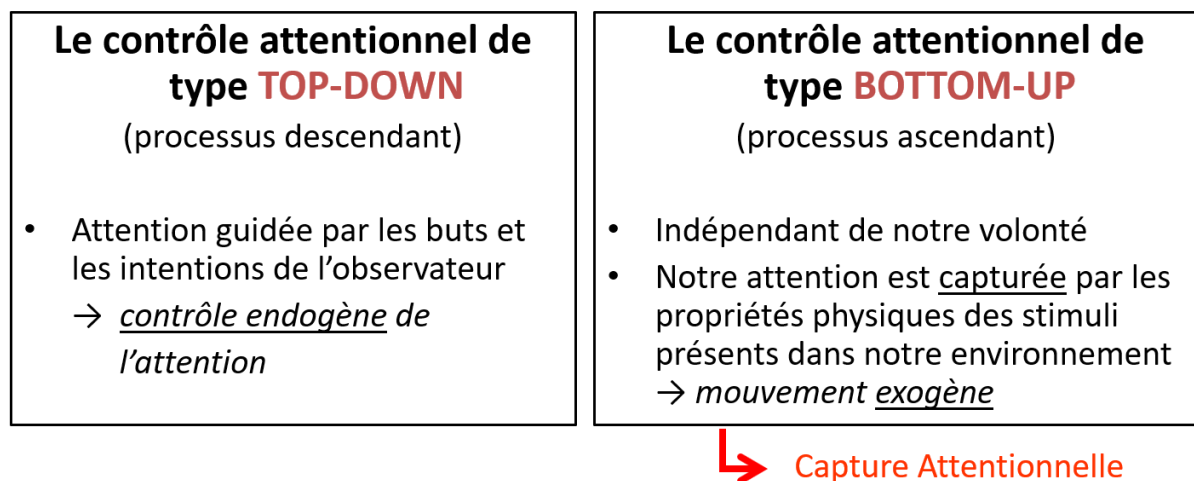


Figure 1. Caractéristiques des deux types de contrôles attentionnels.

Depuis une vingtaine d'années, les recherches portant sur la *capture attentionnelle* se sont multipliées. Ces travaux s'articulent autour d'une interrogation centrale : **un item ou stimulus peut-il réellement capturer notre attention de façon totalement indépendante de notre volonté, c'est-à-dire de manière purement exogène, bottom-up ?** Autour de cette question majeure dans le domaine, deux hypothèses opposées sont nées des différentes recherches de ce

champ. D'un côté, l'hypothèse d'une capture attentionnelle exclusivement bottom-up, non influencée par nos buts et nos intentions, s'étaye à partir de trois principaux paradigmes expérimentaux révélant l'action de processus essentiellement exogènes dans la capture attentionnelle. De l'autre, s'est imposée l'idée que le phénomène de capture attentionnelle reste malgré tout étroitement lié à nos intentions et à nos buts, c'est-à-dire de nos **pré-réglages attentionnels** (*attentional set*).

1.1.1 Mise en évidence d'un contrôle attentionnel exclusivement bottom-up

La plupart des études portant sur la capture attentionnelle ont été menées en laboratoire afin de maîtriser l'ensemble des stimuli présentés aux participants lors des expérimentations. L'utilisation d'items visuellement peu complexes, et facilement identifiables par leurs caractéristiques et spécificités physiques (par exemple de forme ou de couleur), permettent d'observer de manière précise et efficace les différents mécanismes attentionnels (Rauschenberger, 2003). Dans deux des paradigmes expérimentaux présentés ci-après, le phénomène de capture attentionnelle est mis en évidence à partir des temps de réaction des participants lors des tâches de recherches visuelles de cibles. Le phénomène de capture est révélé par un temps de réaction significativement plus long en présence d'un élément distracteur (non-pertinent à la recherche de la cible), signe de capture attentionnelle, qu'en son absence.

Un nombre important de recherches a mis en évidence l'existence d'une capture attentionnelle de type *bottom-up* (voir Boot, Kramer & Becic 2006 ; pour une revue de question voir Simons, 2000). Ces études ont principalement eu recours à trois paradigmes expérimentaux : le **paradigme du singleton additionnel** (additional singleton paradigm), le **même paradigme du singleton additionnel couplé au paradigme de capture oculomotrice** (oculomotor capture paradigm) ainsi que le

paradigme de la recherche de caractéristique non-pertinente (irrelevant feature search paradigm), que nous présentons ci-dessous.

Le **paradigme du singleton additionnel** (*additional singleton paradigm*) consiste à faire apparaître un item présentant un trait distinctif (appelé *singleton*) dans le champ de recherche lors d'une tâche visuelle de recherche de cible (le *singleton* apparaît toujours à une localisation différente de la cible). Les participants doivent par exemple chercher un cercle parmi des carrés et, dans certains des essais, l'un des carrés a une couleur différente des autres (voir Figure 2). Les recherches ayant eu recours à ce paradigme montrent une capture attentionnelle prioritaire par le singleton (c.-à-d. du carré de couleur différente) lorsqu'il est présent lors de la tâche de recherche. En effet, le temps de détection de la cible est en moyenne plus long dans les essais où le singleton se trouve dans le champ de recherche que dans les essais où il est absent, et ce, bien qu'il soit *non-pertinent* (*irrelevant*) pour la tâche (Bacon & Egeth, 1994 ; Theeuwes, 1991 ; Theeuwes, 1994 ; Theeuwes & Burger, 1998).

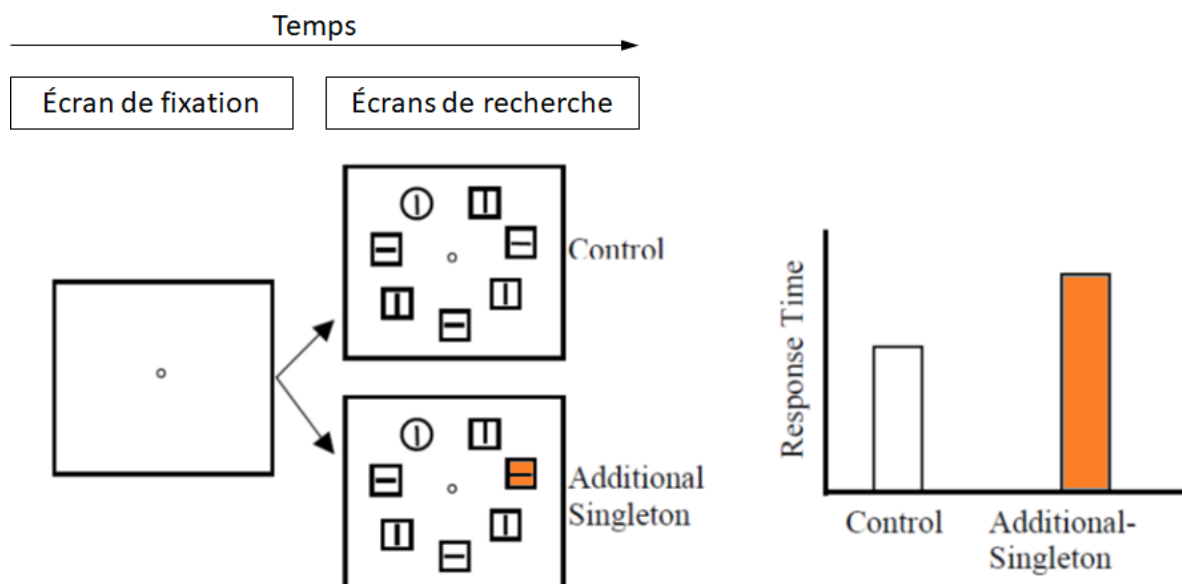


Figure 2. Schéma représentant le *Paradigme du singleton additionnel*. Dans les deux conditions (« control » et « additional singleton »), les participants doivent détecter la cible ① parmi les distracteurs. Lorsque que le singleton additionnel est présent (case colorée en orange), les temps de réactions sont plus grands, ce qui est la marque d'un

effet de capture attentionnelle par ce singleton chez les participants. (Figure d'après Boot, Kramer & Becic, 2006).

Le **paradigme de capture oculomotrice** utilise, quant à lui, le mouvement des yeux afin de mesurer la capture attentionnelle. Comme pour le *paradigme du singleton additionnel*, les participants doivent effectuer une tâche de recherche visuelle et un nouvel item distinctif apparaît alors dans le champ de recherche (*abrupt onset*). Les résultats montrent que l'apparition d'un nouvel objet capture l'attention puisque le mouvement des yeux (saccade oculaire) est d'abord porté sur celui-ci avant d'être porté sur la cible (Irwin, Colcombe, Kramer & Hahn, 2000 ; Theeuwes, Kramer, Hahn, Irwin & Zelinsky, 1999).

Enfin, le **paradigme de la recherche de caractéristique non-pertinente** (*irrelevant feature search paradigm*), appelé aussi **paradigme du singleton non-pertinent** (*irrelevant singleton paradigm*) et originellement pensé par Yantis et ses collègues (Jonides & Yantis, 1988 ; Yantis & Jonides, 1984), puis développé par Theeuwes (1991, 1992, 1994) (voir Figure 3), consiste à faire apparaître dans le champ de recherche un nouvel item qui, selon les essais, peut être ou non la cible recherchée. De ce fait, étant donné que le nouvel item a proportionnellement autant de chance d'être la cible que d'être un « distracteur », les participants n'ont pas de raison de le traiter prioritairement. Malgré cela, l'utilisation de ce paradigme permet de constater que lorsque le nouvel item se trouve être la cible, les sujets détectent cette dernière plus rapidement que lorsqu'il est un distracteur. De plus, lorsque l'on augmente la taille du champ de recherche (c'est-à-dire que l'on accroît le nombre d'items), les temps de recherche sont quasi-similaires lorsque la cible est le nouvel item, ce qui révèle que ce dernier est traité de façon prioritaire par les sujets. Ce n'est pas le cas lorsque le nouvel item est un distracteur, les temps de recherche augmentant linéairement en fonction du nombre d'items. Ceci démontre que, bien que le traitement prioritaire de ce nouvel

item soit non-pertinent pour la réalisation de la tâche, les participants le traitent pourtant prioritairement.

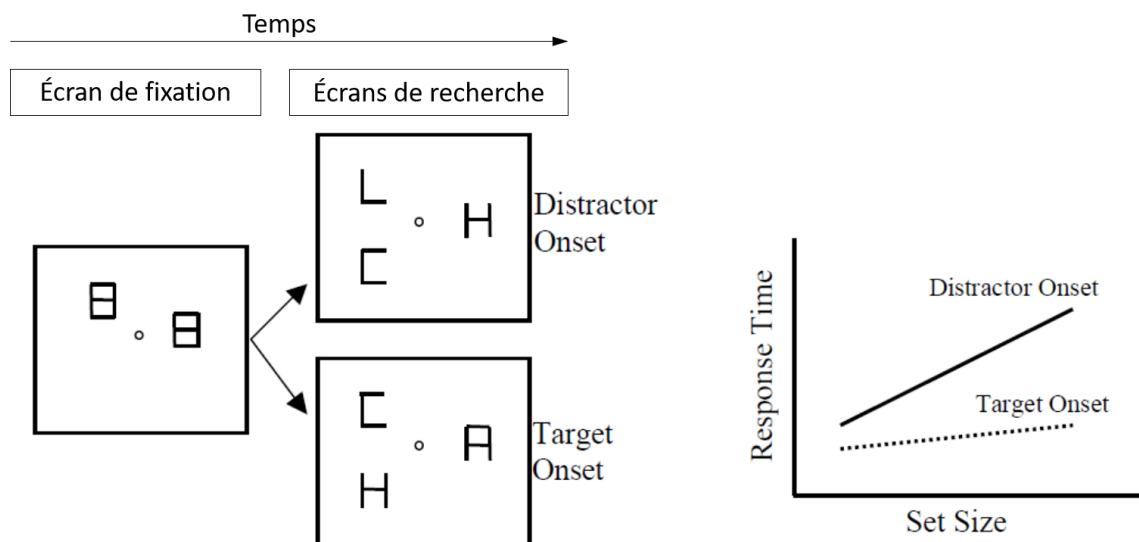


Figure 3. Schéma représentant le *Paradigme de la recherche de caractéristique non pertinente*. L'essai se déroule en deux temps. Dans un premier temps, des caches □ apparaissent dans le champ de recherche. Dans un second temps, les caches sont remplacés par des lettres, dont une supplémentaire qui apparaît à un endroit où il n'y avait pas de cache. Cette nouvelle lettre peut être soit la cible à rechercher (ici la lettre H), soit un distracteur. Lorsque cette nouvelle lettre se trouve être la cible (c.-à-d. la lettre H dans la case du bas « Target Onset »), les temps de réponse sont plus courts que lorsque la lettre est un distracteur (ici dans l'exemple de la figure, la lettre C dans la case du haut « Distractor Onset »). De plus, lorsque la nouvelle lettre est la cible, les temps de recherche des sujets restent quasi-inchangés en présence de champs de recherche plus grands (« set size »). Ces résultats révèlent donc une capture attentionnelle prioritaire par le nouvel item, et ce, malgré le fait qu'il soit non-pertinent à la tâche. (Figure d'après Boot, Kramer & Becic, 2006).

Ainsi, de nombreuses recherches utilisant ces paradigmes expérimentaux ont montré des effets de capture attentionnelle par des stimuli non-pertinents présents dans notre environnement visuel. L'interprétation majoritairement avancée est que ces

effets sont indépendants des buts et des intentions de l'observateur, c'est-à-dire qu'ils apparaissent de manière *automatique* (Posner & Snyder, 1975) et *bottom-up*.

Cependant, d'autres études ont mis en évidence une autre forme de capture attentionnelle, liée cette fois-ci aux objectifs et aux intentions de l'observateur.

1.1.2 Mise en évidence d'un contrôle attentionnel top-down

Si, naturellement, notre attention peut être portée délibérément sur certains stimuli (processus attentionnel *endogène*), une nouvelle hypothèse concernant la capture attentionnelle, appelée ***l'hypothèse de capture contingente*** (*contingent capture hypothesis*) suggère **que la capture attentionnelle involontaire par un stimulus non-pertinent se produit uniquement lorsque ce dernier partage des propriétés relatives à la tâche et aux buts de l'observateur** (cf. Folk, Leber & Egeth, 2008 ; Folk & Remington, 1998 ; Folk, Remington & Johnston 1992).

L'essentiel des recherches portant sur la capture attentionnelle de type *top-down* utilisent le ***paradigme de la pré-signalisation*** (*pre-cueing paradigm*), développé par Folk et ses collègues (voir par exemple Folk et al. 1992 ; Folk, Remington & Wright, 1994). Celui-ci consiste à montrer préalablement au sujet un *pré-signal* (appelé aussi *signal*) qui ne sera d'aucune utilité à la future tâche de détection de la cible (les sujets en sont avertis). Dans certains cas, ce signal apparaît au même endroit que la future cible : on parle alors d'un *signal valide* (*valid cue*), et dans d'autres essais, le signal apparaît à la même place qu'un distracteur : le *signal* est dit *invalide* (*invalid cue*) (voir Figure 4). Les recherches ayant recours à ce paradigme montrent que les participants, bien qu'étant avertis du caractère non-informatif du signal, sont influencés par ce dernier *uniquement quand la cible à détecter partage une caractéristique commune avec le signal* (comme par exemple la couleur). En effet, dans les essais où le signal et la cible ne partagent aucune propriété similaire (p. ex. si les participants cherchent une cible

rouge et que le signal est vert), les temps de réaction sont les mêmes pour les essais comportant des signaux valides que pour les essais comportant des signaux invalides. En revanche, dans les essais où le signal présente une caractéristique commune avec la cible (p. ex. si les participants cherchent une cible rouge et que le signal est rouge), le temps de réaction lorsque le signal est invalide est supérieur au temps de réaction des essais avec des signaux valides, signe formel d'un *effet de capture attentionnelle par le signal*.

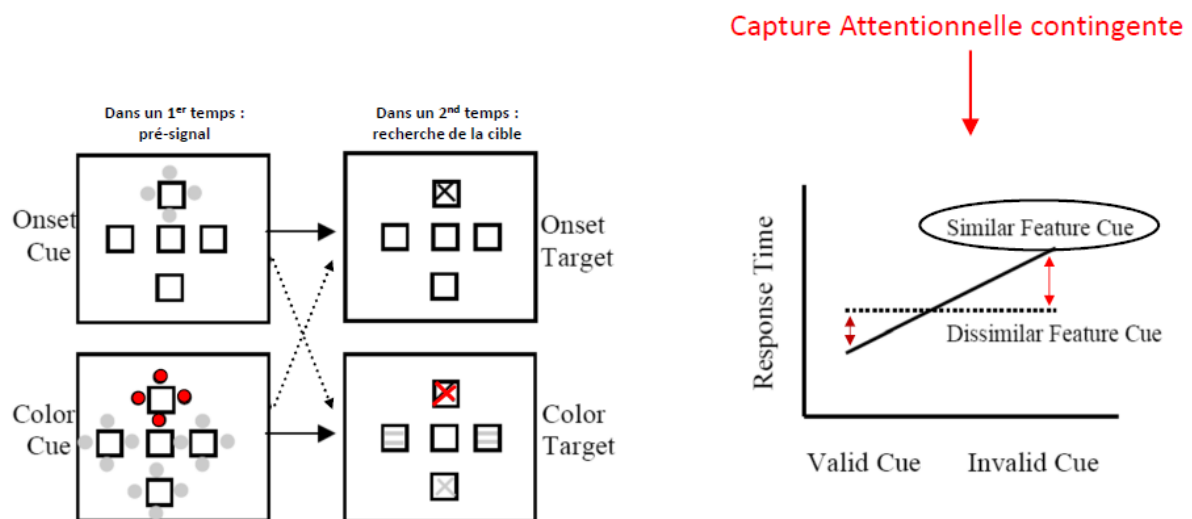


Figure 4. Schéma représentant le *paradigme de la pré-signalisation*. Dans cette figure, les deux propriétés caractérisant les signaux et les cibles sont soit la *couleur* (*color cue* / *color target*), soit l'*onset*, c'est-à-dire l'apparition soudaine et légèrement décalée temporellement (*onset cue* / *onset target*). Ainsi, dans certains essais, le signal peut être de nature différente de la cible (*Dissimilar Feature Cue*) et dans d'autres, de même nature (*Similar Feature Cue*). (Figure d'après Boot, Kramer & Bécic, 2006).

De même, dans une étude menée en 2008, Folk et ses collègues ont observé le même phénomène de capture contingente en utilisant cette fois une tâche non spatiale. L'*effet de capture contingente* apparaît aussi dans des recherches utilisant des mesures électrophysiologiques (voir p. ex. Kiss, Jolicoeur, Dell'Acqua & Eimer, 2008 ; Lien, Ruthruff & Cornett, 2010 ; Lien, Ruthruff, Goodin & Remington, 2008). Ainsi par

exemple, Lien et al. (2010) ont mené une recherche visant à déterminer si un singleton de couleur est susceptible de capturer l'attention de manière totalement involontaire, c'est-à-dire indépendamment des *pré-réglages attentionnels* (attentional set) de l'observateur. Pour ce faire, les auteurs ont utilisé (en plus des mesures comportementales) la composante d'un potentiel évoqué (PE ou ERP)² appelée l'*effet N2pc* (Luck, 2005 ; Luck & Hillyard, 1990, 1994)³. Cette composante reflète la direction de l'attention spatiale et peut être ainsi employée dans des études utilisant des tâches de recherches visuelles afin de mesurer les mouvements attentionnels spatiaux. À l'aide d'un paradigme directement inspiré du *paradigme de la pré-signalisation* (pre-cueing paradigm, Folk et al. 1992), Lien et al. (2010) ont montré qu'un singleton de couleur non-pertinent à la recherche de la cible peut capturer l'attention d'un observateur uniquement si ce singleton est de la même couleur que la cible recherchée. Cet effet de capture attentionnelle *contingente* est mis en évidence à la fois par les mesures comportementales (temps de réaction et proportions d'erreurs) et par les mesures électrophysiologiques (*effet N2pc*).

Ainsi, pour les tenants d'un contrôle attentionnel de type *top-down*, la capture attentionnelle a nécessairement une origine endogène et dépend donc étroitement du *pré-réglage attentionnel* (*attentional set*) de l'observateur (Folk & Remington, 1998 et 2008). A noter que ceci se vérifie également dans les cas où les *pré-réglages attentionnels* varient rapidement (voir p. ex. Lien, Ruthruff & Johnston, 2010).

² Un *potentiel évoqué* (PE ou ERP) désigne la modification électrique du système nerveux en réponse à une stimulation externe (visuelle, auditive, motrice, sensitive) ou interne (activité cognitive).

³ *N2pc* pour *N2-postérieur controlatéral*, N renvoyant à la polarité négative de l'onde du PE et le chiffre 2 à sa position dans l'onde. "Controlatéral" renvoie au fait que lorsque l'observateur dirige son attention sur un stimulus situé par exemple à *droite* dans son champ visuel, l'*effet N2pc* apparaîtra dans l'hémisphère cérébral postérieur (c.-à-d. dans le cortex visuel) *gauche*.

1.2 Capture attentionnelle : vif débat autour des deux hypothèses de contrôle attentionnel

Comme évoqué précédemment, un débat majeur anime la littérature du domaine quant à la possibilité d'une capture attentionnelle *exclusivement bottom-up*, c'est-à-dire uniquement déterminée par les stimuli les plus saillants⁴ du champ visuel et ce, indépendamment de nos buts et de nos intentions (pour des revues de question sur le sujet, voir Burnham, 2007 ; Folk & Gibson, 2001 ; Egeth & Yantis, 1997, Rauschenberger, 2003 et Ruz & Lupiáñez, 2002).

Pour rappel, Folk, Remington et Johnston (1992) ont avancé l'idée selon laquelle seuls des stimuli présentant des caractéristiques visuelles similaires à celles de la cible sont susceptibles de capturer l'attention du sujet. Leurs travaux, basés sur l'utilisation du *paradigme de la pré-signalisation*, sont à l'origine de l'hypothèse d'une capture attentionnelle nécessairement influencée par des facteurs de type top-down (c.-à-d. endogènes), nommée par les auteurs ***l'hypothèse de l'orientation involontaire contingente*** (*the contingent involuntary orienting hypothesis*).

Cependant, dans un nombre conséquent de recherches, Theeuwes s'oppose à l'idée que la capture attentionnelle est toujours contrainte par les buts de l'observateur (voir p. ex. Theeuwes 1992, 1994, 2005 ; voir aussi Belopolsky, Schreij & Theeuwes 2010 ; Failing & Theeuwes 2014 ; Theeuwes & Belopolsky, 2012). En effet, selon Theeuwes, c'est toujours le stimulus le plus *saillant* du champ de recherche qui capture prioritairement l'attention, et ce, indépendamment des buts et du *pré-réglage attentionnel*, ou *prédisposition attentionnelle* (*attentional set*) du sujet. Theeuwes (1994) montre ainsi dans une étude ayant recours au paradigme du singleton additionnel que

⁴ La *saillance* (nom dérivé de l'adjectif "saillant") définit la particularité d'un objet/stimulus à se distinguer, par contraste, des autres éléments qui l'environnent.

même si les sujets recherchaient un singleton de couleur, l'apparition soudaine d'un nouvel objet capturerait leur attention. De la même façon, des sujets engagés dans une tâche consistant à détecter l'apparition subite d'un nouvel objet dans le champ de recherche pouvaient avoir leur attention détournée, capturée par un singleton de couleur. Ainsi, pour Theeuwes (voir p. ex. Theeuwes, 1994, 2002, 2005, 2010 ; voir aussi Schreij, Owens & Theeuwes, 2008), ce sont les propriétés des stimuli présents dans le champ visuel qui dirigent l'attention (*stimulus-driven control*), l'objet le plus saillant étant celui qui capturera prioritairement l'attention, et ce, indépendamment de la volonté et de la prédisposition attentionnelle du sujet (voir aussi sur ce thème Franconeri & Simons, 2003 ; Turatto & Galfano, 2000, 2001 ; Yantis, 1998, 2000).

En 2010, Sawaki et Luck sont parvenus à la même conclusion à partir d'une étude basée sur des mesures électrophysiologiques (c.-à-d. de la mesure des potentiels évoqués, PE ou ERP, à partir d'électroencéphalogramme, EEG et d'électro-oculogramme, EOG)⁵. Ces auteurs ont en effet montré que les stimuli saillants génèrent de manière *automatique*, donc *bottom-up*, un effet de capture attentionnelle, et ce même lorsqu'ils ne correspondent pas au pré-réglage attentionnel (*attentional set*) de l'observateur. Pour Sawaki et Luck (2010), il est cependant possible d'éviter ce phénomène de capture attentionnelle par un *traitement de suppression actif* (*active suppression process*), mécanisme de suppression de type *top-down* qui permet de rediriger l'attention lorsque le stimulus ne partage aucune caractéristique physique commune avec la cible recherchée (voir aussi sur ce thème des mécanismes de suppression les études de Gaspelin, Leonard & Luck, 2015 ; Geyer, Müller & Krummenacher, 2008 ; Müller, Geyer, Zehetleitner & Krummenacher, 2009). Ces résultats corroborent ceux d'une recherche de Theeuwes, Kramer, Hahn et Irwin (1998) utilisant le paradigme de capture oculomotrice, et montrant que l'apparition d'un

⁵ Pour rappel, l'*électroencéphalogramme* (EEG) représente la mesure de l'activité électrique du cerveau. L'*électro-oculogramme* (EOG) correspond, quant à lui, à l'enregistrement du potentiel de repos (qui représente l'activité électrique de base de l'œil) lors de mouvements oculaires.

nouvel objet non-pertinent à la recherche de cible dans le champ de recherche provoque une saccade oculaire involontaire, initiant ainsi un mouvement des yeux vers le nouvel objet. Ce mouvement est ensuite, et parallèlement rapidement inhibé par les voies corticales (*cortical pathways*), ce qui provoque l'arrêt de la saccade et sa redirection vers la cible recherchée, en cohérence avec le pré-réglage attentionnel (*attentional set*) de l'observateur.

En résumé, une question centrale et toujours controversée dans le domaine de la capture attentionnelle est de savoir si le phénomène de capture est systématiquement influencé et contraint par les buts et intentions de l'observateur (autrement dit par les pré-réglages attentionnels). Bien que quelques auteurs aient suggéré que la dichotomie actuelle top-down/bottom-up est peut-être trop restrictive, voire incomplète en tant que modèle théorique (Awh, Belopolsky & Theeuwes, 2012), les recherches actuelles tentent toujours de démêler les rôles respectifs de ces deux types de contrôles attentionnels.

Un facteur qui se révèle jouer un rôle essentiel dans la capture attentionnelle est la quantité de *ressources attentionnelles* allouée à la tâche en cours. Un certain nombre de recherches ont en effet montré ces dernières années que les processus en jeu dans la capture attentionnelle pouvaient être profondément modifiés selon que les participants sont en situation de ressources attentionnelles amoindries, ou non.

1.3 Ressources attentionnelles : l'influence majeure de la charge cognitive et sa capacité à moduler la capture attentionnelle

Parallèlement aux recherches évoquées précédemment portant sur la mise en évidence des processus en jeu dans la capture attentionnelle, des études se sont intéressées à la question des ressources attentionnelles (et plus généralement de la charge cognitive) et à l'influence qu'elles peuvent avoir sur la capture attentionnelle. Dans la vie quotidienne, notre charge cognitive varie constamment en fonction du type de tâche que nous faisons et du plus ou moins grand degré de contrôle cognitif qu'elle demande. De même, nous sommes souvent dans des situations où nous effectuons plusieurs tâches simultanément, ce qui augmente fortement notre charge cognitive.

Ainsi dans la littérature du domaine, la question de l'influence de la charge cognitive sur la capture attentionnelle est abordée de différentes façons : en modulant par exemple le coût attentionnel de la tâche de recherche principale, en faisant varier l'entraînement des sujets à une tâche, en modifiant la charge perceptive ou bien encore en expérimentant des situations de double-tâches.

1.3.1 Modulation du coût attentionnel de la tâche de recherche principale

Lu et Han (2009) ont conduit une étude cherchant à évaluer l'impact respectif de la demande de la tâche (*task demand*) en termes de *coût attentionnel*, du caractère « saillant » d'un stimulus distracteur (*stimulus salience*) ainsi que de leur interaction sur la capture attentionnelle par un stimulus non-pertinent à la tâche. Les auteurs ont

montré que l'ampleur de l'effet de capture attentionnelle dépend conjointement du degré d'attention volontaire (déterminé par l'aspect plus ou moins difficile de la tâche demandée) ainsi que du degré d'attention réflexive⁶ (déterminé par le caractère plus ou moins saillant du stimulus distracteur) (Lu & Han, 2009). De ce fait, lorsque la tâche demandée est particulièrement complexe et que l'aspect saillant du stimulus est moins marqué (p. ex. une faible luminosité), celui-ci aura moins tendance à capturer l'attention des sujets dont les ressources attentionnelles sont principalement portées sur la tâche complexe à effectuer. Au contraire, lorsque la tâche à effectuer est relativement simple, donc qu'elle sollicite moins de ressources attentionnelles, et que le stimulus est particulièrement saillant (p. ex. une forte luminosité), ce dernier sera plus susceptible de capturer l'attention du sujet.

1.3.2 Entraînement à une tâche et modulation volontaire des ressources attentionnelles

Dans un article publié la même année que celui de Lu et Han (2009), Müller et al. (2009) ont observé un phénomène de modulation volontaire des ressources attentionnelles allouées à une dimension particulière. Ainsi, en débutant leur recherche, les auteurs se sont demandés si l'interférence causée par un distracteur lors d'une tâche de recherche peut être modulée de façon volontaire (c.-à-d. de manière *top-down*) par l'observateur. En outre, Müller et al. (2009) ont cherché à voir si les participants pouvaient adopter une stratégie de suppression des distracteurs, c'est-à-dire si suite à un premier bloc d'entraînement où le distracteur était présent dans 100% des essais, les participants parvenaient à mettre en place une stratégie consistant à ignorer les distracteurs. Leurs résultats ont clairement montré que les sujets parvenaient à

⁶ L'expression *attention volontaire* renvoie ici à une attention de type endogène tandis que l'expression *attention réflexive* renvoie à une attention de type exogène.

supprimer volontairement l'effet d'interférence après cet entraînement (contrairement à la condition où le distracteur était absent dans tous les essais du bloc d'entraînement). De plus, les sujets se sont montrés capables d'adapter cette stratégie de suppression en fonction de la situation. En effet, dans les blocs d'essais suivant l'entraînement, les auteurs ont fait varier la proportion d'apparition du distracteur (20%, 50%, 80%, 100%). Les résultats ont alors montré que l'interférence due à la présence du distracteur déclinait progressivement, tandis que la tendance des sujets à adopter leur stratégie de suppression augmentait. Müller et al. (2009) concluent de leurs résultats que l'interférence causée par un distracteur (effet de capture de type *bottom-up*) peut être modulée de façon *volontaire* (modulation de type *top-down*). Cela appuierait le concept de « *dimension-weighting account* » (DWA) développé par ces auteurs, selon lequel les sujets peuvent moduler volontairement le poids attentionnel assigné à une dimension particulière. Ainsi, après entraînement, les sujets ont la possibilité de donner plus de poids à la dimension « cible » et moins de poids à la dimension « distracteur ».

1.3.3 Modification de la charge perceptive

L'influence de la charge cognitive sur le phénomène de capture attentionnelle a également été étudiée en manipulant un nouvel élément : la *charge perceptive* (*perceptual load*). Ce concept a principalement été développé par Lavie dans sa Théorie de la Charge Perceptive (*Perceptual Load Theory*) (Lavie, 1995 ; Lavie, Hirst, De Fockert, & Viding, 2004 ; Lavie & Tsai, 1994 ; pour une revue de question voir Lavie, 2005). Selon cette théorie, notre perception est certes limitée, mais reçoit de manière involontaire et automatique toutes les informations présentes dans notre environnement, et ce, dans la limite de sa capacité. La charge perceptive renvoie à la quantité d'informations reçue, plus ou moins importante (*high perceptual load vs low perceptual load*).

Forster et Lavie (2008a) ont réalisé une série d'expériences dans le but d'observer l'effet d'une plus ou moins grande charge perceptive sur la capture attentionnelle par un distracteur non-pertinent à la tâche de recherche de cible. Pour ce faire, les auteurs ont utilisé deux types de tâches : une tâche dans laquelle la charge perceptive était importante (*-high load condition-* les participants devaient rechercher la lettre cible X ou N parmi un ensemble de cinq lettres angulaires, telles que par exemple les lettres H, K, M, Z, W) et une où la charge perceptive était faible (*-low load condition-* les participants devaient rechercher les mêmes cibles parmi un ensemble de cinq lettres O, voir Figure 5). Forster et Lavie (2008a) ont constaté que les effets d'interférences provoqués par le distracteur peuvent être évités lorsque la charge perceptive du sujet est importante. En effet, si par sa complexité le champ de recherche demande une plus grande concentration de la part du sujet pour effectuer la tâche de recherche de cible, ce dernier sera moins attiré par le distracteur. Ceci est encore plus marqué lorsque la tâche du sujet est sous pression temporelle (*time pressure*) : le sujet a alors moins tendance à être distrait par l'élément distracteur⁷.

⁷ À noter cependant que tout récemment, une nouvelle recherche a attiré l'attention sur le possible manque de généralisabilité de cette théorie (Lleras, Chu & Buetti, 2017).

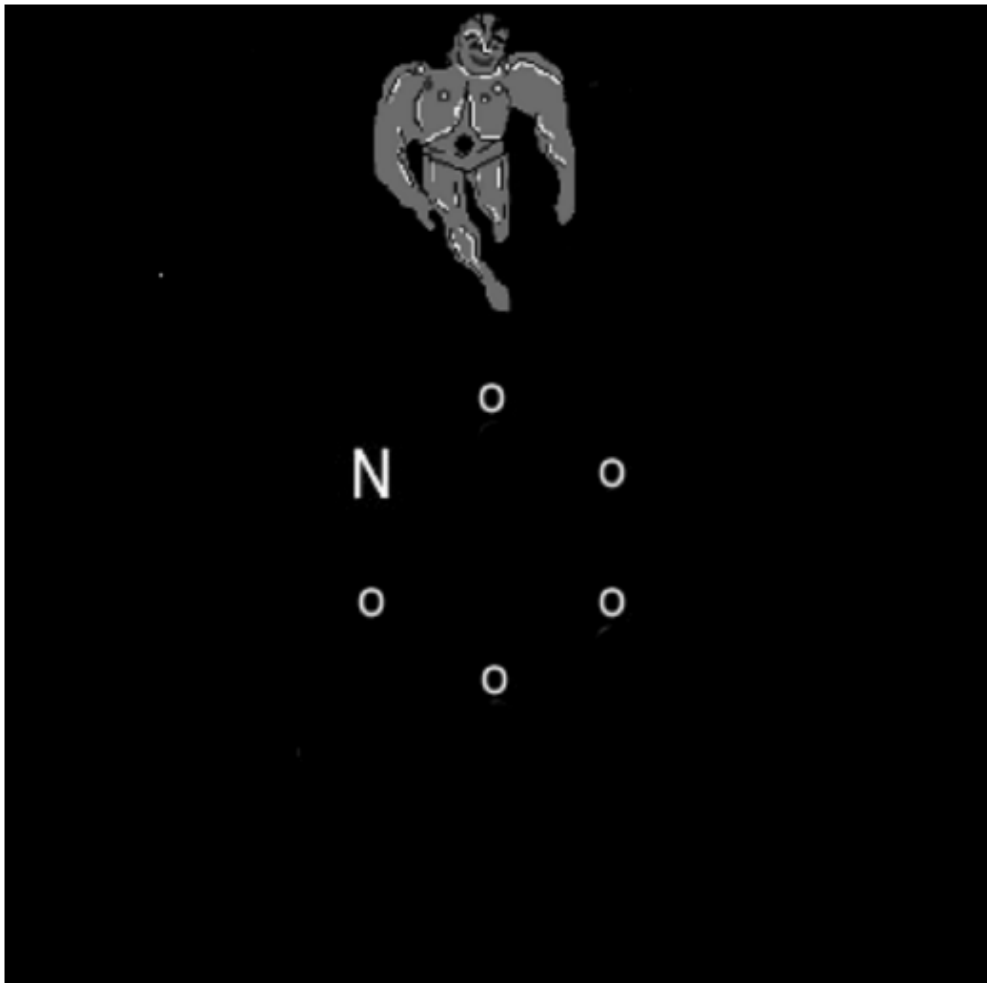


Figure 5. Exemple d'un champ de recherche dans la condition où la charge perceptive des participants était faible (*low load condition*). A noter que le dessin situé en haut de l'image est un distracteur (les distracteurs représentaient des personnages de dessins animés, tels que Spider-Man ou Mickey Mouse). (Figure d'après Forster & Lavie, 2008a).

Dans une récente recherche portant sur le rôle de la charge perceptive dans la capture attentionnelle, Gaspelin, Ruthruff, Jung, Cosman et Vecera (2012) ont montré qu'une faible charge perceptive (*low perceptual load*) n'entraîne pas de capture attentionnelle par un singleton de couleur. Ainsi, contrairement à d'autres types de stimuli saillants tels que l'apparition soudaine d'objets (*abrupt onsets*) ou des objets en mouvement (*moving objects*), les singletons de couleur ne provoquent pas d'effet de capture attentionnelle sous l'influence, même favorable, de la charge perceptive. Gaspelin et al. (2012) en concluent que les singletons de couleur sont, par essence,

moins saillants que les stimuli dynamiques (tels que les *abrupt onsets* ou les *moving objects*) (cette hypothèse avait déjà été avancée par Franconeri & Simons, 2003 et Jonides & Yantis, 1988). Selon les auteurs, l'augmentation des effets de capture attentionnelle sous l'influence d'une faible charge perceptive n'est pas un principe systématique et universel de la capture attentionnelle (« *it appears that enhanced capture under low perceptual load is not a general principle of attentional capture.* » Gaspelin et al., 2012, p.747).

1.3.4 Les doubles-tâches

Enfin, une autre approche permettant d'appréhender le rôle de la charge cognitive sur la capture attentionnelle consiste à avoir recours à des doubles-tâches. Dans une recherche, Boot, Brockmole et Simons (2005) ont ajouté à une tâche classique de capture attentionnelle⁸, une tâche auditive concurrente, sans lien avec celle-ci, créant ainsi une situation de double-tâche. La moitié des sujets entendait une bande sonore pendant leur tâche de détection de cible (une voix lisait une série de chiffres à intervalles réguliers) et avait pour instruction d'ignorer ce stimulus sonore. L'autre moitié entendait la même bande sonore mais devait compter le nombre de répétitions séquentielles de chiffres (par exemple dans la série de chiffre "3, 2, 2, 9, 4, 1, 7, 7, 8, 6", il y a deux répétitions séquentielles). L'hypothèse des auteurs était que si les modifications attentionnelles sont essentiellement sous l'influence des stimuli présents dans notre environnement visuel (c.-à-d. fonctionnent sur un mode *exogène, bottom-up*), la capture de l'attention visuelle ne devrait pas être affectée par la tâche concurrente auditive. Au contraire, si les changements attentionnels sont régis de manière *endogène, top-down*, la tâche auditive concurrente qui suppose un traitement

⁸ La tâche utilisée dans l'étude est le paradigme de la recherche de caractéristique non-pertinente, *irrelevant feature search paradigm*, -présenté en tout début de notre manuscrit-, dans la version de Jonides et Yantis (1988) et de Yantis et Jonides (1984).

cognitif devrait affecter le phénomène de capture attentionnelle. Les auteurs ont utilisé deux types de stimuli dans leurs expériences : l'apparition soudaine d'un nouvel objet non-pertinent à la tâche (un *onset*) dans leur « Expérience 1 » (stimulus qui, typiquement, capture l'attention dans ce type de paradigme utilisé) ainsi qu'un singleton de couleur dans leur « Expérience 2 » (stimulus qui, au contraire, échoue souvent à capturer l'attention dans la tâche utilisée). Les résultats ont montré qu'en présence d'une tâche auditive concurrente sur laquelle on effectue un traitement cognitif (comptage des répétitions), l'apparition soudaine d'un nouvel objet (*onset*) ne capture plus l'attention des sujets. Plus remarquable encore, la tâche secondaire auditive a favorisé une capture attentionnelle prioritaire des singletons de couleurs, ce qui n'est généralement pas le cas lors d'une simple tâche dans le paradigme utilisé. Les auteurs ont conclu qu'une tâche non visuelle peut moduler la capture attentionnelle, et ce, de façon différente pour l'apparition d'un objet (*onset*) ou pour un singleton de couleur. Ainsi, pour Boot, Brockmole et Simons (2005), la capture attentionnelle par des stimuli non-pertinents à la tâche, dépend de la disponibilité des ressources attentionnelles et par conséquent, ne dépendrait pas uniquement des stimuli présents dans notre environnement visuel.

Si, nous l'avons vu, les ressources attentionnelles et de façon plus générale la charge cognitive sont susceptibles de moduler la capture attentionnelle, se pose alors la question de l'étude du phénomène de capture attentionnelle dans le monde réel (ou dans des conditions proches). En effet, jusqu'à récemment, l'essentiel des recherches portant sur la capture attentionnelle était mené en laboratoire, à partir de stimuli visuellement « simples ». Cependant, dans le monde réel, le contexte et l'environnement visuel diffèrent parfois fortement des situations testées en laboratoire. Boot, Kramer et Becic (2006) listèrent notamment des différences en termes de complexité du champ de recherche (*display complexity*), de charge cognitive (liée par exemple à la fréquence des situations de doubles-tâches), d'apparitions excentrées de

stimuli dans le champ de recherche (*onset eccentricity*) et de complexité de la tâche principale (*primary task complexity*). Dès lors, les effets observés en laboratoire sont-ils systématiquement transposables au monde réel ? Les réponses à cette question revêtent également une importance majeure dans les domaines de l'application et de l'ergonomie (conduite automobile, pilotage d'avion, conception de tableaux de bord, contrôle du trafic aérien...).

1.4 (Dis-)similitudes et transposition du phénomène de capture attentionnelle du laboratoire au monde réel

Boot, Kramer et Becic (2006) soulignaient dans une de leur recherche que les observations sur les processus attentionnels faites en laboratoire à partir d'un matériel simple, peu complexe visuellement, pourraient ne pas se vérifier systématiquement dans le monde réel (« *it has become increasingly clear that laboratory findings regarding attention capture may not always scale-up to more complex, real-world situations* », Boot, Kramer & Becic, 2006, p.2). D'une part car les objets présents dans notre champ visuel dans la vie quotidienne sont visuellement beaucoup plus complexes que ceux utilisés dans la recherche en laboratoire (c.-à-d. des formes géométriques simples, des lettres, des singletons de couleurs...). D'autre part car, dans le monde réel, la diversité, l'imprévisibilité ainsi que la complexité des situations dans lesquelles nous nous trouvons sont bien plus grandes (par exemple un téléphone qui sonne alors que nous travaillons, un piéton qui traverse soudainement la route alors que nous conduisons...).

Afin d'appréhender le fonctionnement de la capture attentionnelle dans des conditions proches ou issues du monde réel, plusieurs approches ont été envisagées.

1.4.1 Utilisation d'images d'objets provenant du monde réel

Chen et Zelinsky (2006) ont cherché à déterminer par quel processus l'attention est guidée (*top-down* ou *bottom-up*) lorsque l'on utilise des *objets provenant du monde réel*. En effet, ces auteurs partagent l'idée selon laquelle les résultats sur la capture attentionnelle obtenus en laboratoire à partir d'objets visuellement peu complexes, ne seront pas nécessairement similaires à ceux observés avec des objets beaucoup plus

complexes (à la fois visuellement et sémantiquement) issus de la vie réelle (comme par exemple une image représentant un téléphone ou une guitare).

Chen et Zelinsky sont partis du principe que le fait de faire varier le degré d'hétérogénéité du champ de recherche (*display heterogeneity*) favorise l'intervention de l'un ou l'autre des processus attentionnels. En effet, selon ces auteurs, les études ayant démontré la survenue de processus de type *bottom-up* (*processus ascendants*) ont utilisé des champs de recherche dans lesquels les items étaient plutôt *homogènes* (c.-à-d. un ensemble visuellement homogène de stimuli similaires) ; alors que les recherches qui ont conclu à un fonctionnement attentionnel de type *top-down* (*processus descendants*) utilisaient des champs de recherche bien plus *hétérogènes* (sur ce thème voir aussi Bacon & Egeth, 1994 ; Theeuwes, 2004). Pour Chen et Zelinsky (2006), l'utilisation d'objets issus du monde réel comme stimuli offre l'avantage de mettre en compétition ces deux processus attentionnels lors de la même tâche de recherche. Etant donné que ces objets sont visuellement complexes, ils présentent un haut degré d'hétérogénéité (même en étant présentés dans une échelle de tons gris, sans couleur), ce qui favorise un contrôle attentionnel de type top-down. Dès lors, le fait d'intégrer une couleur sur l'un des objets peut faire de lui un singleton de couleur, favorisant dans ce cas une capture attentionnelle de type bottom-up (voir Figure 6). Les résultats de cette étude ont montré que lorsque les deux processus (bottom-up et top-down) sont « mis en compétition » dans la recherche visuelle en utilisant des objets issus du monde réel, ce sont les processus top-down qui prédominent. Toutefois, les singletons de couleurs ont aussi capturé l'attention des sujets, mais uniquement dans les cas où il n'y avait pas eu de prévisualisation de la cible (*target preview*) avant les essais.



Figure 6. Exemple de champ de recherche présentant des objets issus du monde réel. Dans cette condition de l'étude de Chen et Zelinsky (2006), le champ de recherche contient un distracteur singleton de couleur vive (ici un plat de carottes ; la cible étant quant à elle la petite croix située ici à l'intérieur de la boîte de conserve en bas à droite). Ce type de tâche présente l'avantage de mettre directement en compétition les processus *top-down* et *bottom-up* lors de la même tâche de recherche visuelle (Figure d'après Chen & Zelinsky, 2006).

1.4.2 Variation de la fréquence d'apparition et de la signification du distracteur

Une autre approche permettant d'expérimenter dans des conditions proches du monde réel est de faire varier la *fréquence d'apparition du distracteur* dans le champ de recherche ainsi que sa *signification*.

Dans trois expériences, Forster et Lavie (2008b) ont demandé aux participants de détecter des cibles (les lettres X ou N) parmi d'autres lettres placées en forme de cercle. Il était demandé aux sujets d'ignorer tout stimulus autre que le cercle de lettres. Dans 10% ou 50% des essais (Expériences 1 et 2), un distracteur totalement non-pertinent pour la tâche en cours (choisi parmi six personnages de dessins animés, tels que Spiderman ou Mickey Mouse) apparaissait en dehors du cercle de lettres, en périphérie du champ de recherche (voir Figure 7). Enfin, dans la dernière expérience (Expérience 3), Forster et Lavie ont utilisé un distracteur ayant peu de sens (*meaningless distractor*), comme une forme abstraite de la taille des personnages de dessins animés (voir Figure 8). Les résultats montrent tout d'abord que les distracteurs attirent l'attention des sujets bien qu'ils soient totalement non-pertinents pour la tâche en cours (à la fois par leurs propriétés visuelles et par leurs significations) et qu'ils apparaissent en périphérie du champ de recherche. De plus, les résultats révèlent que ce phénomène est plus marqué lorsque les distracteurs apparaissent rarement (c.-à-d. dans 10% des essais), que dans les cas où ils apparaissent fréquemment (c.-à-d. dans 50% des essais). Les auteurs attribuent ceci à un effet d'habituation de la part des sujets, qui ignoreront plus aisément un distracteur lorsqu'il apparaît un essai sur deux plutôt qu'une fois sur dix. Forster et Lavie soulignent toutefois que même dans les cas où les distracteurs sont présents fréquemment (c.-à-d. dans la moitié des essais), un effet de capture attentionnelle significatif est observé. Ceci ne peut donc pas être expliqué par un effet de nouveauté ou de surprise. Enfin, les distracteurs capturent plus facilement l'attention des sujets lorsqu'ils ont une signification évidente pour l'observateur (*meaningful distractors*), comme les personnages de dessins animés, que lorsqu'ils ont peu de sens (comme une forme abstraite). Cependant, ces derniers provoquent quand même un effet de capture attentionnelle significatif.

À la suite de ces expériences, les auteurs interprètent ces résultats comme étant en faveur d'une capture involontaire de l'attention, de type *bottom-up*, par des distracteurs non-pertinents à la tâche, phénomène qui selon eux s'appliquerait aussi à la vie réelle. En effet, pour Forster et Lavie (2008b), les résultats observés dans cette

étude s'apparentent à des situations de la vie quotidienne dans lesquelles une personne peut être distraite, peut avoir son attention capturée par un élément sans rapport avec la tâche qu'elle est en train de faire. Forster et Lavie (2008a) citent ainsi le fait d'être gêné par le bruit environnant au travail ou bien le fait qu'un automobiliste soit distrait par un panneau d'affichage coloré sur le bord de la route, qui n'est pourtant d'aucune utilité à la tâche du conducteur.



Figure 7. Exemple de distracteur non-pertinent à la tâche, représentant un personnage de dessin animé (ici Pikachu des Pokemon) et apparaissant en dehors du cercle de lettres, en périphérie du champ de recherche. (Figure d'après Forster & Lavie, Expériences 1 et 2, 2008b).

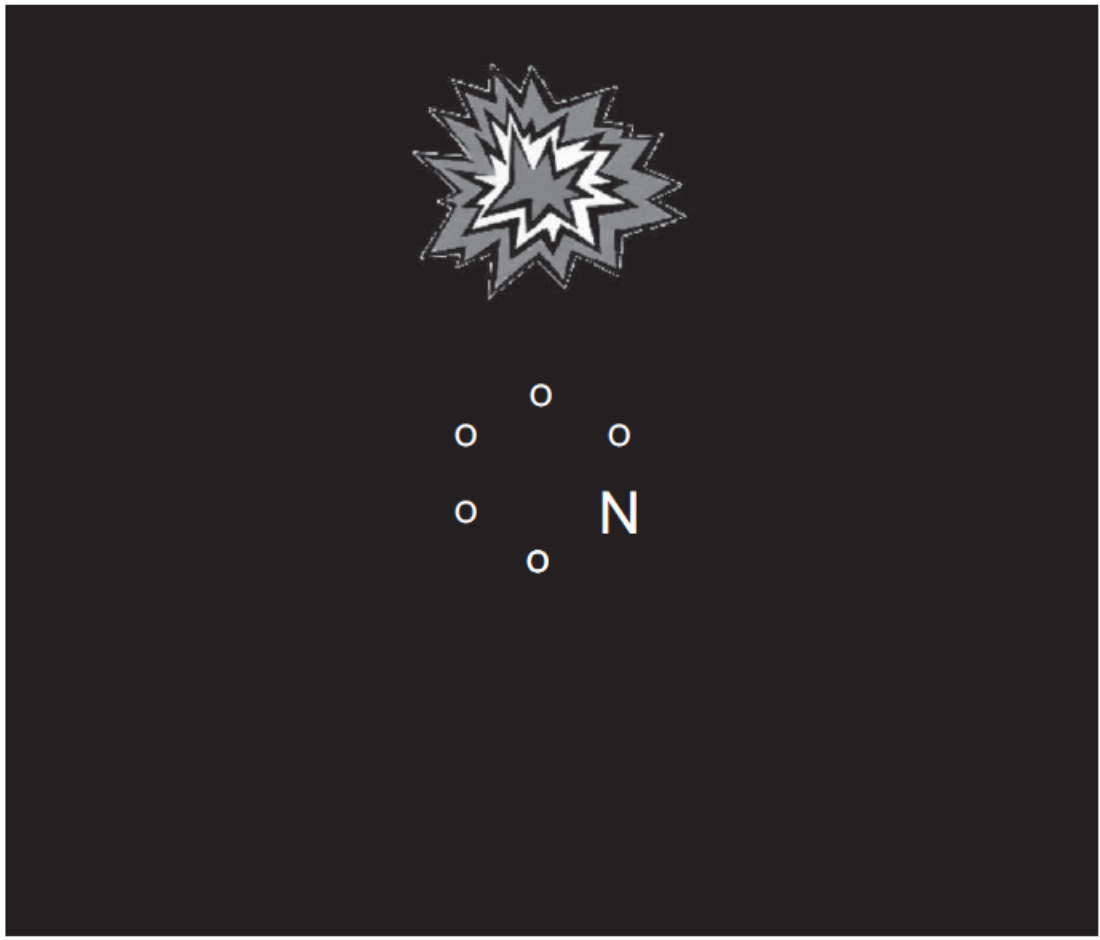


Figure 8. Exemple de distracteur non-pertinent à la tâche, ayant peu de sens (*meaningless*) et apparaissant en dehors du cercle de lettres, en périphérie du champ de recherche. (Figure d'après Forster & Lavie, Expérience 3, 2008b).

1.4.3 Expérimentation en situation de double-tâches

Enfin, une autre approche efficace afin d'étudier le phénomène de capture attentionnelle dans des situations proches du monde réel est d'expérimenter en situation de double-tâches (voir l'étude relatée précédemment de Boot, Brockmole & Simons, 2005). En effet, il est très fréquent dans notre vie quotidienne que nous ayons à traiter simultanément deux sources d'informations. C'est le cas par exemple lorsque nous conduisons tout en menant une conversation avec un passager de la voiture. L'expérimentation en situation de double-tâches permet ainsi d'observer les

phénomènes attentionnels dans des conditions très proches de la vie réelle, lors desquelles notre charge cognitive est fréquemment augmentée et répartie entre plusieurs tâches (voir sur le sujet Maquestiaux & Didierjean, 2011 ; Matsukura, Brockmole, Boot & Henderson, 2011, Pashler & Johnston, 1998).

Ainsi, nous l'avons vu, dans la vie quotidienne, notre attention est susceptible d'être capturée par un grand nombre de stimuli différents. Une caractéristique majeure de ces stimuli, pourtant étudiée depuis peu, est fortement susceptible d'influencer la capture attentionnelle : la propriété *sémantique* d'un item.

1.5 Attention, capture attentionnelle et propriétés sémantiques des stimuli

Les études évoquées jusqu'alors présentaient un point commun : les différentes tâches de recherche de cible s'appuyaient sur les **propriétés physiques des stimuli** présentés. En effet, les participants devaient dans la plupart de ces travaux rechercher une cible présentant une propriété physique bien spécifique, comme la couleur (p. ex. rechercher une cible de couleur rouge) ou d'apparition soudaine (*onset*) ou bien encore de forme (p. ex. rechercher la lettre cible T ou L). De la même manière, les distracteurs présents dans les champs de recherche, ainsi que l'ensemble des stimuli, pouvaient être identifiés par leurs propriétés physiques. De ce fait, les phénomènes de capture attentionnelle observés, notamment l'*effet de capture attentionnelle contingente* décrit par Folk et al. (1992, 1998), ont été mis en évidence quasi-exclusivement à partir d'un matériel facilement et volontairement identifiable par ses caractéristiques physiques.

Pourtant, au début des années 2000, certains auteurs se sont penchés sur une « nouvelle » dimension attribuable à une cible (ainsi qu'aux divers stimuli du champ de recherche) : son **champ sémantique**. Il s'agissait dès lors d'identifier les stimuli, non plus (uniquement) sur la base de leurs caractéristiques physiques (p. ex. la couleur), mais aussi à partir de leurs **propriétés sémantiques**. La particularité et l'intérêt que présente cette nouvelle dimension d'identification sémantique concernent le degré de traitement cognitif du participant lors de la tâche de recherche visuelle de cible. En effet, l'identification d'un item en fonction de son appartenance sémantique requiert chez le participant un niveau de représentation mentale plus complexe, mais aussi plus abstrait, que la simple identification d'un stimulus sur la base d'une propriété physique, telle que la couleur. De plus, cette dimension sémantique joue un rôle essentiel et souvent prépondérant dans l'orientation de notre attention dans notre vie quotidienne.

Ainsi, une personne menaçante attirera notre attention, et ce, indépendamment (la plupart du temps) des autres traits qui la caractérisent (que la personne soit par exemple grande ou petite).

Très peu de recherches portent précisément sur le rôle de la sémantique dans la capture attentionnelle. Les trois études évoquées ci-après permettent toutefois une introduction ainsi qu'un positionnement théorique à l'Etude 3 de ce travail de Thèse (voir Chapitre 4, Etude 3).

1.5.1 Dimension sémantique, Attentional Blink, et théorie des deux temps d'interprétation sémantique

Barnard, Scott, Taylor, May et Knightley (2004) se sont intéressés à la dimension sémantique et à son rôle au niveau attentionnel dans une étude portant sur le phénomène d'*Attentional Blink* (AB) (ou *Clignement Attentionnel* en français). Ce phénomène est mis en évidence dans les tâches RSVP (*Rapid Serial Visual Presentation*). Celles-ci consistent à présenter à l'observateur un ensemble d'items visuels de manière successive et rapide à la même localisation (en général, environ 10 items/s). Dès lors, on observe qu'un évènement peut compromettre la réponse à un second évènement lorsque ces derniers sont présentés successivement dans un laps de temps d'environ 100 à 500 ms (voir Raymond, Shapiro & Arnell, 1992). C'est le phénomène d'*Attentional Blink*. Ainsi, un participant échouera fréquemment à détecter une seconde cible apparaissant quasi-immédiatement à la suite et à la même localisation qu'une première cible.

Barnard et al. (2004) ont repris le paradigme en incluant dans la tâche une dimension sémantique. Pour ce faire, les auteurs ont présenté aux participants une

tâche RSVP, dont les items étaient des mots appartenant à différents champs sémantiques. 35 mots étaient présentés successivement, à raison de 110 ms par item. La tâche des sujets consistait à identifier l'unique cible (un mot) évoquant une *activité professionnelle rémunérée* (p. ex. banquier, serveur...), et ce, parmi des mots se référant à des choses ou des événements liés à des *environnements naturels* (p. ex. île, orage...). Les cibles étaient précédées d'un mot potentiellement distracteur, placé à différentes positions selon les essais, et la relation sémantique entre les distracteurs et la cible variait dans trois conditions expérimentales (voir Figure 9).

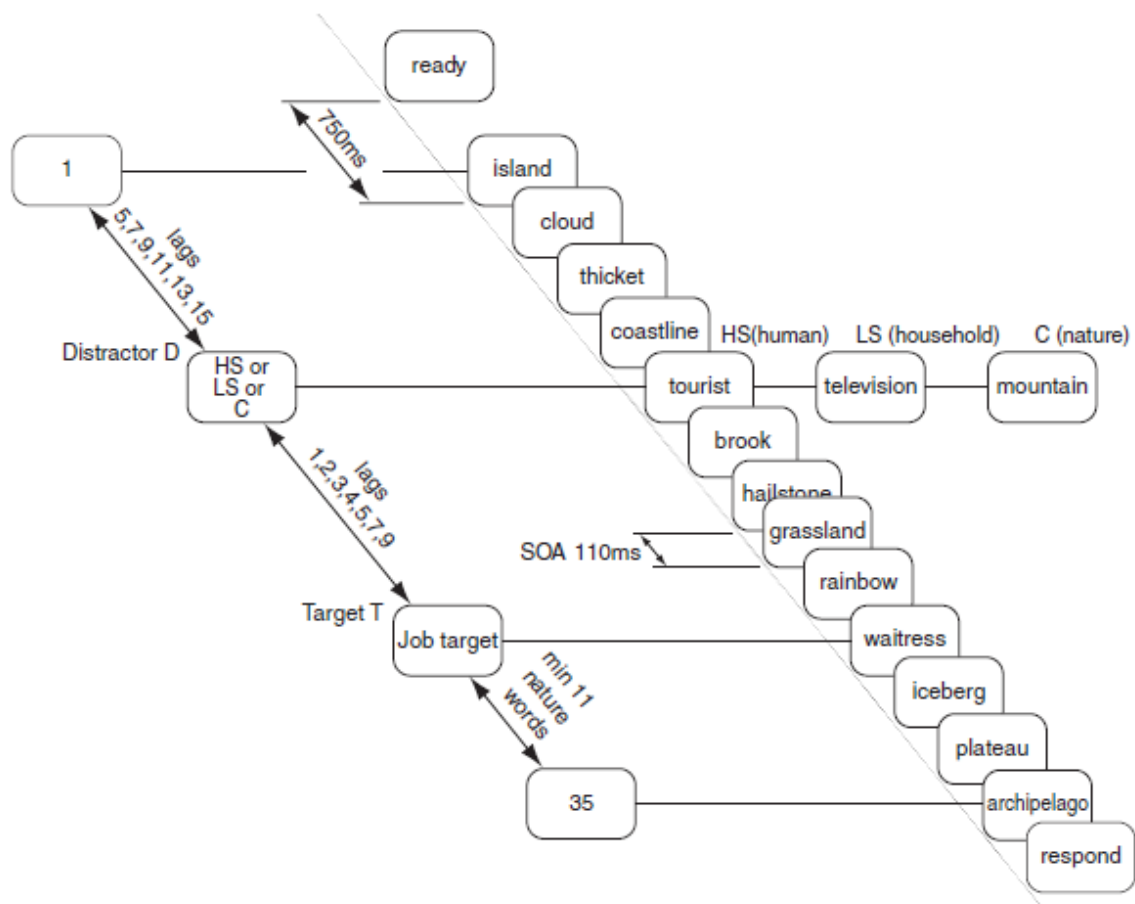


Figure 9. Illustration schématique de la tâche RSVP, d'après Barnard et al. 2004. C= condition Contrôle ; HS= High-Salience condition/condition de haute saillance ; LS=

Low-Saliency condition/condition de basse saillance. SOA= Stimulus Onset Asynchrony.⁹

L'expérience présentait trois conditions lors desquelles le champ sémantique auquel appartenaient les mots distracteurs, variait. Dans la condition 1, dite de « haute saillance » (*High-Saliency condition*), les distracteurs se rapportaient à des « propriétés humaines » n'impliquant pas une rémunération (p. ex. témoin, client...). Ces distracteurs étaient considérés par les auteurs comme étant potentiellement très susceptibles de compromettre la détection de la cible, étant donné leur haute saillance attentionnelle par rapport à celle-ci. Dans la condition 2, dite de « basse saillance » (*Low-Saliency condition*), les distracteurs appartenaient au champ sémantique des « items ménagers » (p. ex. congélateur, tasse...). Les auteurs attendaient de ce type d'items une moindre saillance, car bien qu'étant liés à l'activité humaine, il s'agissait d'objets inanimés. Enfin, une 3^{ème} condition, de contrôle, comportait des mots distracteurs du champ sémantique de la « nature ».

⁹ Le SOA correspond à la durée de temps entre l'apparition d'un stimulus/item et l'apparition d'un second stimulus.

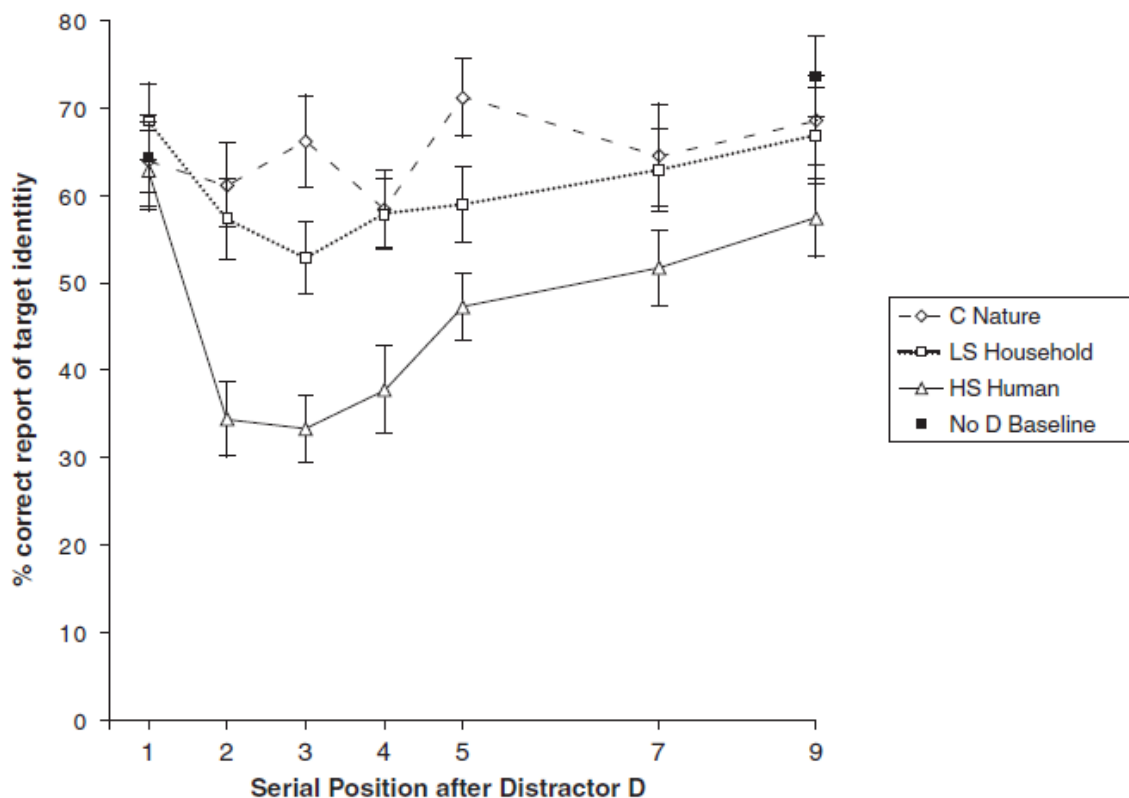


Figure 10. Pourcentage de réponses correctes lors de l'identification de la cible en fonction de sa position sérielle après apparition du distracteur (D). (Figure d'après Barnard et al. 2004).

Alors que la condition contrôle ne montre aucun phénomène d'Attentional Blink (AB), un léger « blink » (ou *clignement*) apparaît suite à la présentation des distracteurs de la condition LS (basse saillance), ainsi qu'un « blink » plus important après l'apparition des distracteurs de la condition HS (haute saillance) (voir Figure 10)¹⁰. En effet, les participants de la condition LS (basse saillance) présentent une chute du pourcentage d'identification correcte de la cible suite à l'apparition du distracteur de basse saillance. Le phénomène est encore plus marqué dans la condition HS (de haute saillance), où la cible apparaît à la suite d'un distracteur de haute saillance au niveau sémantique.

¹⁰ Noter que les résultats montrent une bonne identification de la cible lorsqu'elle apparaît immédiatement après le distracteur. Ceci est caractéristique du « *lag-1 sparing* » observé fréquemment dans les études portant sur l'AB.

Pour Barnard et al. (2004), ces résultats révèlent « deux temps d'interprétation sémantique ». Le *temps 1* correspondrait selon eux à l'extraction des *propriétés sémantiques génériques* : l'observateur porterait un regard rapide au sens des items, et si l'un d'entre eux n'est pas cohérent avec le champ sémantique des « environnements naturels » (c.-à-d., pour rappel, le champ sémantique des stimuli de la tâche), alors cet item serait traité selon le schéma générique « occupation humaine avec possible rémunération » (c.-à-d. comme une cible potentielle). Ainsi, un item dont le sens répondrait à ce schéma déclencherait un *temps 2*, qui permettrait d'établir plus précisément les *propriétés sémantiques spécifiques* de cet item, c'est-à-dire s'il implique un travail rémunéré. Dès lors, lorsque les traitements sémantiques sont en train d'établir les *propriétés sémantiques spécifiques* d'un item (*temps 2*) et qu'ils ne parviennent pas à extraire les *propriétés génériques sémantiques* de nouveaux items arrivant (*temps 1*), un *Attentional Blink (AB)* apparaît.

Barnard (1999) proposait une théorie selon laquelle les fonctions exécutives étaient composées de deux sous-systèmes spécialisés, afin de traiter les propriétés sémantiques *génériques* et *spécifiques*. Ces deux sous-systèmes pourraient, selon les auteurs, être directement liés à l'explication des *temps 1* et *2* exposés dans cette étude.

1.5.2 Rôle de la sémantique et de la saillance affective sur la capture attentionnelle

L'étude de Biggs, Kreager, Gibson, Villano et Crowell (2012) s'est, quant à elle, intéressée au rôle de la sémantique et de la saillance affective¹¹ sur la capture attentionnelle. Pour ce faire, les auteurs ont testé comment le phénomène de capture

¹¹ Par « Saillance affective », il est ici question de l'impact émotionnel (plus ou moins important) du distracteur sur l'observateur (*valence émotionnelle*).

attentionnelle par des distracteurs non-pertinents peut être modulé par deux caractéristiques personnelles de l'observateur : ce qu'il sait du distracteur (*Personal Meaning*, ou Sens Personnel) et ce qu'il ressent vis-à-vis du distracteur (*Personal Effect*, ou Effet Personnel). L'investigation de ces traitements de haut-niveau par Biggs et al. (2012) fait suite à la publication d'un certain nombre de recherches concluant au fait que le *sens* et l'*émotion* (ou *affect*) sont fortement susceptibles de modifier les effets de l'attention (pour une revue de question sur le sujet, voir Yiend, 2010 ; pour une étude centrée sur les émotions et l'attention, voir Preston & Stansfield, 2008 ; pour une réflexion originale sur la place des émotions dans la psychologie cognitive de l'expertise, voir Didierjean & Gobet, 2008a, 2008b), de même que la *familiarité* module certains types de processus attentionnels (Forster & Lavie, 2008a ; Forster & Lavie, 2008b ; Lavie, Ro & Russel, 2003). Ainsi, l'intention des auteurs lors de cette recherche était de démêler et de distinguer par rapport aux études antérieures le rôle du *sens* (ici en termes de familiarité pour l'observateur) du rôle de l'*affect* (c.-à-d. de la valence émotionnelle) sur la capture attentionnelle, en utilisant une tâche de recherche spatiale. Pour cela, Biggs et al. (2012) ont utilisé dans leurs expériences différents types de distracteurs : des symboles familiers (des logos de baseball ou des drapeaux, à valence émotionnelle positive, négative et neutre), des symboles non-familiers (logo créé artificiellement), ainsi que des distracteurs à l'origine non-familiers pour les participants et dont les auteurs ont ensuite manipulé le degré de connaissance des participants. Les résultats de leur étude ont montré que la *saillance sémantique* d'un distracteur et sa *saillance affective* ont des effets bien distincts sur la capture attentionnelle. En effet, lorsque le degré de familiarité avec le distracteur est inexistant ou quasi-nul, les résultats révèlent des effets de capture attentionnelle par le distracteur, effets qui disparaissent lorsque ce dernier a un sens pour l'observateur, lorsqu'il lui est familier. Toutefois, l'*affect* peut restaurer la capacité d'un item à capturer l'attention, puisque lorsque sont présentés des distracteurs familiers à valence émotionnelle positive (p. ex. le logo de l'équipe de baseball préférée du participant), des effets de capture attentionnelle réapparaissent. Ce n'est pas le cas de stimuli familiers à valence

émotionnelle négative (le logo d'une équipe adverse), qui échouent à capturer l'attention de l'observateur, de même que ceux dont la valence émotionnelle est neutre. De ce fait, selon les conclusions proposées par Biggs et al., le niveau de ressources attentionnelles portées à un élément distracteur, et donc sa capacité à capturer l'attention de l'observateur dépend à la fois, mais selon des mécanismes bien distincts, de la nature sémantique et de la nature affective de ce dernier.

1.5.3 Phénomène de capture attentionnelle contingente sémantique en tâche RSVP

Ariga et Yokosawa (2008) ont utilisé une tâche RSVP afin de tester le phénomène de *capture attentionnelle contingente*, non pas à un niveau *physique* (c.-à-d. au niveau des propriétés physiques des stimuli, telles que la couleur), mais à un niveau *abstrait de représentation*. Cette étude fait suite à la recherche de Folk, Leber et Egeth (2002), qui révélait un *déficit transitoire* (« *transient deficit* ») dans le traitement d'une tâche RSVP lorsqu'un item distracteur partageait la même caractéristique physique, ici de couleur, que la cible recherchée. Ces résultats font également écho aux observations de Barnard et al. (2004) (évoquées précédemment dans ce même chapitre) pour lesquels le *déficit transitoire* observé s'apparente à l'*Attentional Blink (AB)*.

Ariga et Yokosawa (2008) émettent alors l'hypothèse que *l'effet de capture attentionnelle contingente* intervient non seulement au niveau des *propriétés perceptives* (« *perceptual properties* ») des items présentés, mais aussi dans le cas de *représentations mentales plus complexes* activées par les stimuli (« *higher representations activated by stimuli* »). De plus, les auteurs reprennent l'hypothèse proposée par Folk et al. (2002) selon laquelle la sélection de cibles se déroule en deux temps : le premier correspondrait à la mise en place par l'observateur en début de tâche d'un *Top-Down Attentional Set* (*pré-réglage attentionnel ou prédisposition*

attentionnelle) pour la caractéristique définissant la cible recherchée (par exemple la couleur verte). Quant au second temps, il interviendrait au moment où l'observateur sélectionne les items correspondant aux propriétés prédéfinies dans l'*Attentional Set* comme étant des *cibles potentielles* (par exemple des objets verts, et ce, qu'ils soient effectivement des cibles ou non), sur la base des propriétés *bottom-up* des stimuli. Ainsi, comme souligné par Folk et al. (2002), pour qu'un stimulus capture l'attention de manière contingente, *bottom-up* et donc de façon *automatique*, il doit impérativement correspondre à l'*Attentional Set* prédéfini en début de tâche.

Ariga et Yokosawa ont construit le matériel de leur étude à partir de l'*Effet Stroop*¹² (voir Figure 11).

¹² *Effet Stroop* : Confusion observée entre la caractéristique physique d'un stimulus (p. ex. sa couleur) et le mot signifiant (p. ex. le nom d'une couleur) (voir Stroop, 1935 ; pour une revue de question sur le sujet, voir MacLeod, 1991). L'erreur se situe au niveau sémantique.

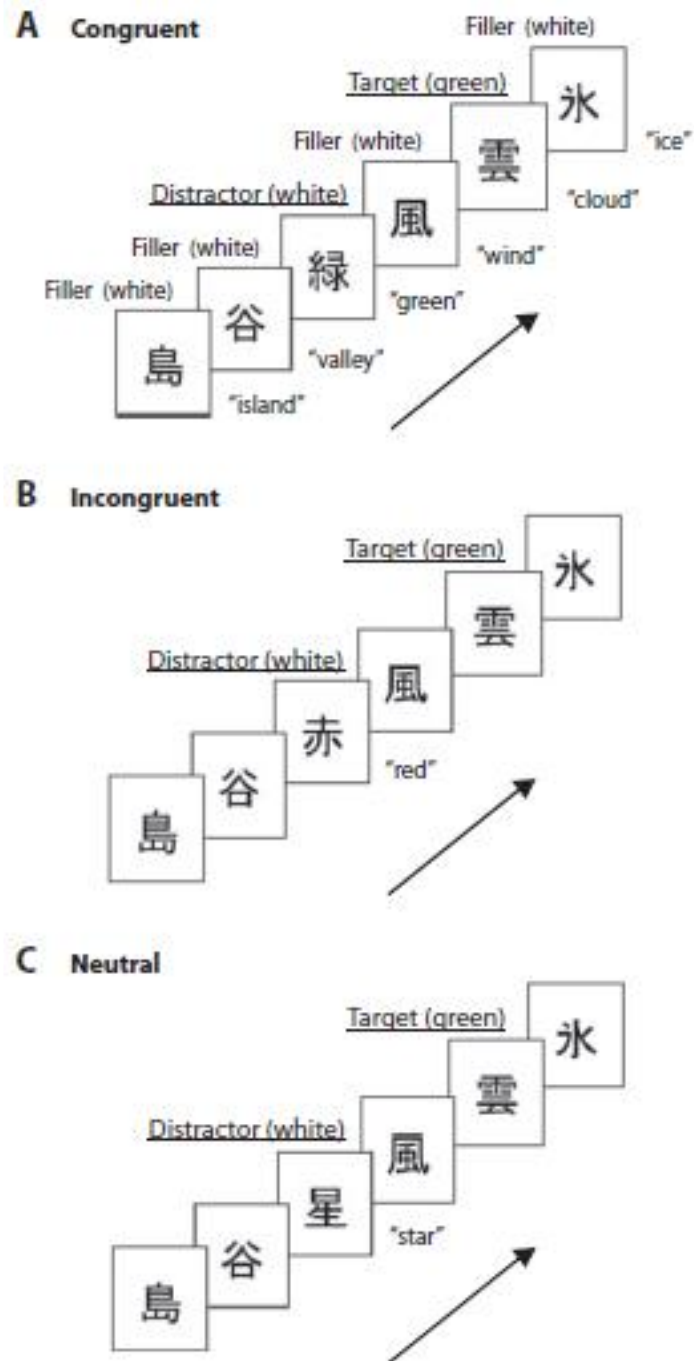


Figure 11. Schéma représentant la tâche RSVP dans les 3 conditions de l'expérience ; d'après Ariga et Yokosawa (2008). Condition A "Congruent"/Congruente ; Condition B "Incongruent"/Incongruente ; Condition C "Neutral/Neutre". Sens des mots distracteurs dans les 3 conditions : Condition A "vert", Condition B "rouge", Condition C "étoile". La cible à rechercher est toujours de couleur verte. Les distracteurs sont toujours de couleur blanche.

L'ensemble des items de l'expérience (des mots) était présenté en caractères Kanjis (éléments de l'écriture japonaise). La tâche des participants était d'identifier le mot cible, c'est-à-dire l'unique mot de la tâche écrit en vert. Un distracteur apparaissait avant la cible, parmi les différents stimuli (des mots écrits en blanc), et différait selon les 3 conditions de l'expérience. Dans la condition A, dite « *congruente* », le mot distracteur était de couleur blanche et signifiait « vert » en japonais. Ainsi, le sens du distracteur était congruent avec la couleur de la cible. Dans la condition B, dite « *incongruente* », le mot distracteur était de couleur blanche mais signifiait « rouge » (de ce fait, le sens du mot distracteur n'était pas congruent avec la couleur de la cible). Enfin, dans la condition C, dite « *neutre* », le mot distracteur était de couleur blanche et signifiait « étoile » en langue japonaise. L'hypothèse des auteurs est que si la propriété définissant la cible (ici donc la couleur verte) est effectivement codée dans l'*Attentional Set* à un niveau abstrait de représentation, un effet de capture attentionnelle par le *distracteur congruent* sera alors observé. De ce fait, l'identification correcte de la cible sera réduite dû au phénomène d'*Attentional Blink* (AB). Comme attendu, les résultats ont montré de façon très nette que les participants échouent plus fréquemment à détecter la cible lorsque le *sens* du mot distracteur était « congruent » avec la *couleur* de la cible, que lorsque le *sens* du mot distracteur était « incongruent » ou « neutre ». Ainsi, l'AB qui apparaissait dans la condition « congruente » est la preuve d'un phénomène de *capture attentionnelle contingente* au niveau temporel. Ariga et Yokosawa (2008) concluent à partir de ces résultats qu'une « *capture attentionnelle contingente non-spatiale peut apparaître lorsqu'un distracteur est congruent avec la propriété définissant la cible, et ce, de manière inter-dimensionnelle (sens et couleur). Les résultats suggèrent que les propriétés de sens et de couleur des stimuli sont représentées de manière similaire à un niveau abstrait de représentation sémantique, un niveau dans lequel le système visuel est susceptible de confondre ces propriétés. Cette étude révèle donc une condition dans laquelle une capture attentionnelle non-spatiale émerge* » (Ariga & Yokosawa, 2008, p. 686).

Les auteurs suggèrent de tester cet effet de capture attentionnelle contingente à un niveau de représentation sémantique dans un paradigme de capture spatiale. Ceci fait l'objet de notre Etude 3, présentée dans ce manuscrit, qui vise à tester le phénomène de capture attentionnelle sémantique lors d'une tâche spatiale.

1.6 Présentation de notre thème de recherche

Nos travaux de recherche rapportés dans ce manuscrit de thèse portent sur **l'effet de capture attentionnelle et sur la question de son éventuelle « transposabilité » du laboratoire au monde réel.**

En effet, comme nous l'avons relaté précédemment dans la partie introductive de notre ouvrage, depuis une vingtaine d'années, la littérature scientifique traitant de l'attention a mis en évidence, à l'aide de paradigmes expérimentaux testés en laboratoire, un certain nombre de processus attentionnels fondamentaux. Bien que les résultats obtenus « en laboratoire » à partir d'un matériel visuellement peu complexe méritent d'être encore investigués, depuis quelques années se pose la question de la « transposabilité » de ces observations à des objets et des situations issus de la vie réelle. En effet, le monde dans lequel nous vivons est visuellement très complexe. Peut-on observer les mêmes mécanismes attentionnels que ceux observés en laboratoire ? Pouvons-nous transposer les conclusions obtenues à partir d'expérimentations en laboratoire à des situations de la vie quotidienne ?

Nos travaux portent ainsi sur ces questions de « transposabilité » des observations concernant l'effet de capture attentionnelle, faites à partir d'un matériel peu complexe et aisément maîtrisé d'un point de vue expérimental à des situations plus complexes. Pour ce faire, nous avons cherché à créer des expérimentations proches de situations de la vie quotidienne, notamment **en augmentant la charge cognitive des participants** (situations de double-tâche, cf. notre **Etude 1**), **en utilisant un matériel visuellement plus complexe et extrait du monde réel** (c.-à-d. des photographies de situations de scènes routières, cf. **Etude 2**), ou bien encore **en testant d'autres types de stimuli susceptibles de capturer notre attention dans la vie quotidienne** (dimension sémantique, cf. **Etude 3**).

Plus précisément, dans notre première étude (Etude 1), relatée ci-après, nous avons mené trois expériences visant à tester les effets d'une modulation de l'attention disponible (en augmentant la charge cognitive des participants) sur la capture attentionnelle. Dans notre vie de tous les jours, nous sommes très fréquemment soumis à des situations lors desquelles nous devons exécuter deux tâches simultanément. En reprenant le *paradigme modifié de la pré-signalisation* développé par Folk et Remington (1998) (Expérience 1 de notre Etude 1) et en y adjoignant une tâche auditive concurrente (Expériences 2 et 3), l'Etude 1 a pour objectif de tester les effets d'une situation de double-tâche sur la capture attentionnelle.

Dans notre deuxième étude (Etude 2), nous avons cherché à nous rapprocher des conditions du monde réel en utilisant un matériel visuellement complexe et directement extrait de la vie réelle : des photographies de scènes de conduite automobile. La première de nos trois expériences (Expérience 1) consistait en une tâche de recherche visuelle de cible de couleur dans un champ de recherche visuellement complexe, en présence ou non d'un distracteur non-pertinent situé en périphérie du champ de recherche. Dans les deux expériences suivantes, nous avons testé deux conditions rencontrées fréquemment dans la vie quotidienne et susceptibles d'affecter les participants dans leur tâche de détection de cible : la *réduction de la fréquence d'apparition des distracteurs* (Expérience 2) et la *réduction des ressources attentionnelles disponibles en condition de double-tâche* (Expérience 3).

Enfin, nous avons consacré notre troisième étude (Etude 3) à une nouvelle caractéristique des stimuli, susceptible de capturer notre attention dans la vie quotidienne : la caractéristique sémantique. En effet, au-delà des propriétés physiques des stimuli présents dans notre environnement visuel, les informations sémantiques sont grandement susceptibles de provoquer un effet de capture attentionnelle. Pour ce faire, nous avons mené deux expériences visant à tester l'effet de capture attentionnelle contingente à un niveau de représentation sémantique. Dans la première

expérience (Expérience 1), les distracteurs utilisés étaient des images, et dans la deuxième expérience (Expérience 2), les distracteurs étaient des mots.

2. Étude 1 – Effets de l’augmentation de la charge cognitive sur la capture attentionnelle

2.1 Objectifs de l’étude 1

Dans notre vie quotidienne, nous nous trouvons fréquemment dans des situations où notre attention est extrêmement sollicitée. Ainsi, nous sommes souvent occupés à effectuer deux tâches « à la fois », comme par exemple lorsque nous conduisons et écoutons une information à la radio ou lorsque nous menons une conversation téléphonique tout en conduisant. Dans ces conditions, notre charge cognitive augmente, notre attention est modulée et allouée à plusieurs tâches et stimuli à la fois.

Notre première étude consistait à **tester les effets d’une modulation de l’attention disponible sur la capture attentionnelle**. Pour ce faire, nous avons placé les observateurs en situation de **double-tâche**.

Nous avons utilisé pour cette recherche le ***paradigme modifié de la pré-signalisation*** (Folk & Remington, 1998). Pour rappel, Folk, Remington et Johnston (1992) ont développé ***l’hypothèse de l’orientation involontaire contingente*** (*the contingent involuntary orienting hypothesis*), selon laquelle seuls des stimuli présentant des propriétés visuelles similaires à celles de la cible sont susceptibles de capturer l’attention de l’observateur (Folk, Leber & Egeth, 2008 ; Folk & Remington, 1998, 1999 ; Folk & Remington, 2006, Folk, Remington & Johnston 1992). Selon cette théorie, la capture involontaire de notre attention par un stimulus peut avoir lieu uniquement lorsque ce dernier partage une caractéristique commune avec la cible recherchée par l’observateur (p. ex. une même caractéristique de couleur ou une même caractéristique d’apparition soudaine, nommée *onset*). Folk et Remington (1998) ont étayé notamment

leur théorie à partir d'une version remaniée du *paradigme de la pré-signalisation* dans laquelle les distracteurs (pré-signaux non pertinents à la tâche) et les cibles étaient tous caractérisés par leur couleur. Les sujets recherchaient par exemple une cible rouge et selon les essais, le distracteur était soit rouge, soit vert. Les résultats obtenus par ces auteurs montrent que les distracteurs capturaient l'attention des sujets *uniquement* lorsqu'ils étaient de la même couleur que la cible recherchée, et ce, bien qu'ils ne soient pas prédictifs de la localisation de la cible. Ainsi, les distracteurs rouges induisaient une capture attentionnelle lorsque les participants recherchaient une cible rouge, et non lorsque ces derniers recherchaient une cible de couleur verte. Ceci se caractérise par des temps de réaction plus courts lorsque la cible apparaissait à la même localisation que le distracteur, que lorsqu'elle apparaissait à une localisation différente du celui-ci (voir Figure 12). Pour Folk et Remington (1998), cette expérience valide l'*hypothèse de l'orientation involontaire contingente*, selon laquelle nous pouvons observer un effet de capture attentionnelle par un stimulus uniquement lorsque celui-ci a les mêmes propriétés visuelles que la cible recherchée. En d'autres termes, pour ces auteurs, le phénomène de capture attentionnelle intervient exclusivement lorsque le stimulus correspond au *pré-réglage attentionnel* (*attentional set*) de l'observateur (Folk & Remington, 1998 et 2008).

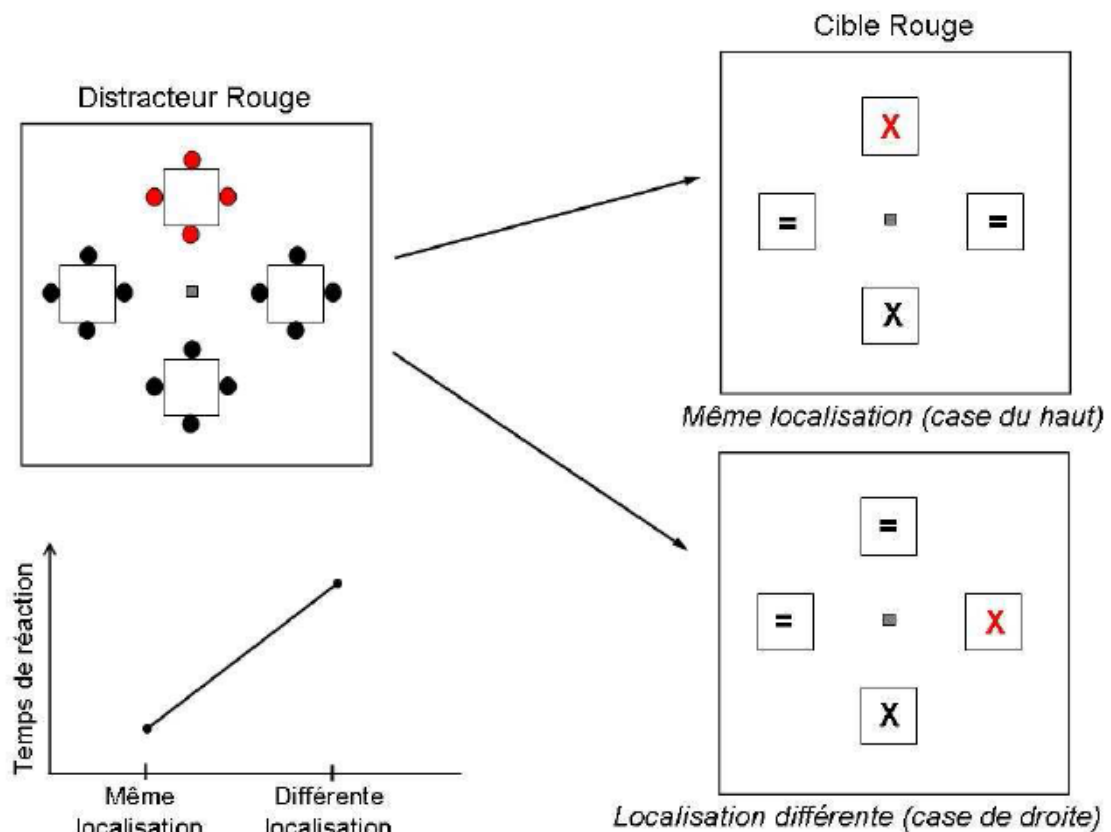


Figure 12. Représentation du *paradigme modifié de la pré-signalisation* de Folk & Remington (1998). Exemple d'un cas avec distracteur et cibles rouges. Les participants sont plus rapides pour détecter la cible lorsque le distracteur et la cible apparaissent à la même localisation, signe d'une capture attentionnelle par le distracteur, pourtant non-pertinent à la tâche.

Pour certains des participants, nous avons ajouté une tâche auditive concurrente que nous avons créée. L'objectif était d'étudier si, comme l'affirment Boot et al. (2005), l'adjonction d'une seconde tâche est susceptible de modifier fondamentalement les mécanismes mis en évidence par le paradigme de la pré-signalisation ou si le principe de *l'orientation involontaire contingente* est, comme l'affirment Folk et Remington (1998, 2008), un phénomène fondamental qui régit la capture attentionnelle, y compris en situation de double-tâche.

Boot et al. (2005) ont en effet montré qu'un singleton d'une couleur différente de celle de la cible se met à capturer l'attention des sujets en situation de double-tâche.

Ainsi, nous avons cherché à voir dans la condition où le distracteur est d'une couleur différente de celle de la cible, si la situation de double-tâche allait avoir pour conséquence de modifier les résultats à cette condition. Plus précisément, nous avons tenté de déterminer si cette tâche non visuelle allait avoir pour effet de provoquer une capture attentionnelle par le distracteur (ce qui n'est habituellement pas le cas puisque celui-ci n'est pas de la même couleur que la cible).

Notre étude comporte 3 expériences, menées sur 60 participants répartis dans 3 conditions pour lesquelles nous avons émis les hypothèses suivantes :

- En condition de tâche simple (réplique de la tâche de Folk et Remington, 1998) (Expérience 1), seuls les distracteurs de couleur similaire à celle de la cible captureront l'attention des sujets (en cohérence avec les conclusions de Folk et Remington, 1998).

- A partir des observations de Boot, Brockmole et Simons (2005), nous faisons l'hypothèse qu'en condition de "double-tâche" (Expérience 3), les distracteurs de couleurs différentes de celle de la cible recherchée provoqueront une capture attentionnelle chez les sujets.

- Enfin, nous avons ajouté une condition de tâche simple dans laquelle les sujets entendent une suite de pulsations plus ou moins régulières qu'ils doivent ignorer (Expérience 2). Des données préalables obtenues avec un autre type de matériel (mémoire de master 1 de Riotte, 2009) montraient qu'un simple enrichissement du fond sonore dans une tâche visuelle de recherche de cible pouvait parfois suffire pour obtenir des résultats similaires à ceux obtenus avec l'adjonction d'une double tâche. Nous émettons l'hypothèse que, tout comme en situation de double-tâche, l'adjonction d'un flux sonore parallèlement à la tâche visuelle est susceptible d'influencer la capture attentionnelle.

2.2 Méthode

Participants

60 participants (19 hommes et 41 femmes) âgés de 18 à 32 ans (moyenne d'âge $M = 21$ ans, moyenne d'âge des hommes $M = 22.5$ ans et moyenne d'âge des femmes $M = 20.2$ ans) dont la vision était normale ou corrigée et ne présentant pas de problèmes de perception des couleurs ont participé à l'expérience. 49 sujets ont été recrutés à l'Université de Franche-Comté et 11 à l'extérieur de l'Université.

Matériel

L'expérience a été programmée et s'est déroulée sur le logiciel E-Prime. Nous avons reproduit à l'identique l'expérience 1 de Folk et Remington (1998) et créé une tâche auditive présentée ci-après. Les stimuli ont été présentés sur un écran d'ordinateur de 15 pouces (38,10 cm) placé à une distance de 50 cm des sujets. Le matériel était installé dans une pièce faiblement éclairée, de façon à ce que les participants distinguent correctement les stimuli de couleurs sur l'écran d'ordinateur.

Stimuli

Un écran de fixation, un écran de distracteurs et un écran avec la cible étaient présentés à chaque essai :

- *L'écran de fixation* consistait en un carré de fixation central ($.34^\circ \times .34^\circ$ d'angle visuel) entouré de 4 boîtes périphériques ($1.15^\circ \times 1.15^\circ$) placées à 4.1° au-dessus, au-dessous, à gauche et à droite du carré de fixation. Toutes les boîtes étaient en gris clair, présentées sur le fond d'écran noir (voir Figure 13).

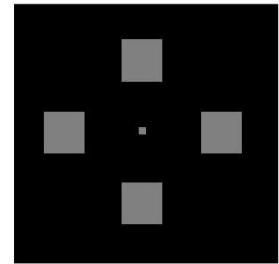


Figure 13. Ecran de fixation

- *L'écran de distracteurs* correspondait à l'écran de fixation, avec en plus l'ajout de 4 petits cercles ($.23^\circ$ de diamètre), placés en "configuration de diamant" autour des 4 boîtes périphériques (voir Figure 14). Trois des petits ensembles de cercles étaient blancs, et un des ensembles était soit rouge, soit vert. (Etant donné cette affectation de couleur, il est à noter que le distracteur rouge ou vert était toujours défini comme étant un singleton).

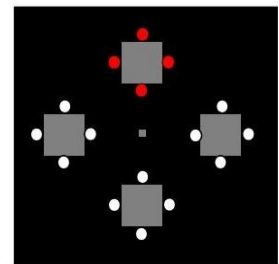


Figure 14. Ecran de distracteurs

- *L'écran avec cible* correspondait à l'écran de fixation, avec en plus les caractères "X" ou "=" présents dans chacune des boîtes périphériques (avec approximativement $.57^\circ$ d'angle visuel en hauteur et en largeur). Trois des caractères étaient blancs, et l'autre était soit rouge, soit vert (Voir Figure 15).

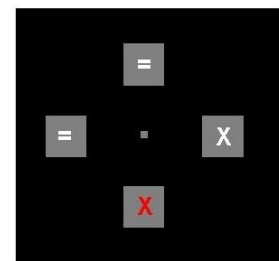


Figure 15. Ecran avec cible

La bande sonore était constituée de 3 fichiers sons. Dans chaque fichier son, des battements semblables au bruit d'une « frappe dans les mains » d'une durée de 25 ms s'enchaînaient. Dans un des fichiers sonores, les pulsations étaient *régulières*. 6

battements s'enchaînaient durant l'essai à raison d'un battement par seconde. Dans un deuxième fichier sonore, les pulsations *accéléraient* progressivement : les trois premières des 6 pulsations apparaissaient à 1 seconde d'écart, et les trois suivantes apparaissaient respectivement ensuite à 900 ms, 800 ms et enfin 700 ms d'écart. Enfin, dans le troisième fichier sonore, les pulsations *ralentissaient*. 5 battements s'enchaînaient, les 3 premiers apparaissant à 1 seconde d'écart et les deux suivants respectivement à 1100 et 1200 ms d'écart.

Conception

L'étude comportait 3 tâches/conditions (correspondant à nos 3 expériences) : la condition de *tâche simple*, la condition de *tâche avec fond sonore* et la condition de *double-tâche* (*tâche simple visuelle* + *tâche auditive*). Il y avait 20 participants par tâche (voir Figure 16). A l'intérieur des 3 tâches, la couleur du distracteur (vert ou rouge) et la couleur de la cible (verte ou rouge) étaient combinées pour former 4 nouvelles conditions :

- Distracteur rouge / cible rouge
- Distracteur vert / cible rouge
- Distracteur vert / cible verte
- Distracteur rouge / cible verte

Dans chaque tâche, les participants étaient répartis en deux sous-groupes : la moitié recherchait une cible rouge et l'autre moitié recherchait une cible verte. Ainsi, un seul sujet recherchait une seule couleur de cible. Chaque sujet passait 2 blocs de 32 essais chacun, soit un total de 64 essais. La couleur du distracteur variait d'un bloc à l'autre. Par exemple, pour un sujet cherchant une cible rouge, le 1er bloc comprenait 32 essais avec distracteur vert et cible rouge et le 2nd comprenait 32 essais avec

distracteur rouge et cible rouge. L'ordre de la couleur du distracteur était contrebalancé entre les sujets (voir Figure 16).

A l'intérieur de chaque bloc, chaque cible (X ou =) apparaissait le même nombre de fois dans chacun des 4 lieux possibles. Le distracteur apparaissait aussi de façon égale dans chacun des lieux, mais sa localisation n'était pas corrélée avec celle de la cible. Plus précisément, dans chaque bloc, la cible et le distracteur apparaissaient à la même localisation dans 8 des essais (25%) et à différentes localisations dans les 24 essais restants (75%). Dans ces essais restants (75%), les localisations du distracteur étaient choisies avec la contrainte que les distracteurs apparaissent de façon égale dans chacun des trois lieux possibles où il n'y a pas la cible, et ce, pour chacune des localisations possibles de la cible. L'identité des caractères (X ou =) qui apparaissent dans un des 3 lieux possibles où il n'y a pas la cible était choisie au hasard à chaque essai.

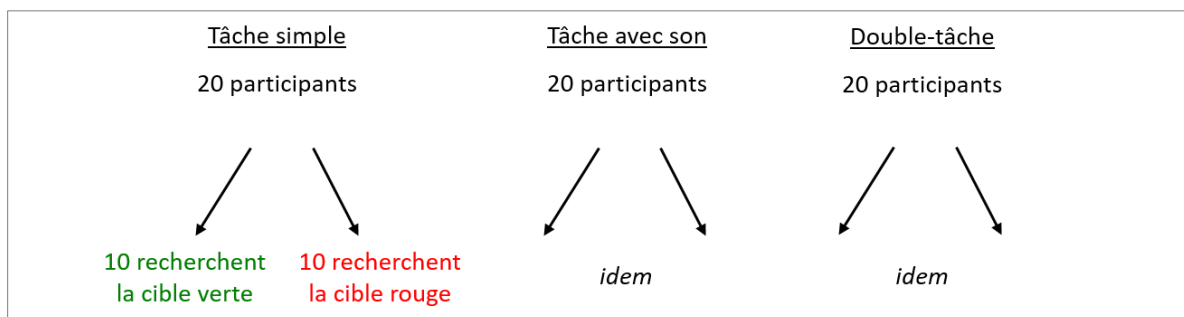


Figure 16. Répartition des participants en fonction des tâches/conditions.

Pour les deux tâches qui comportaient une bande sonore (c.-à-d. la *tâche avec fond sonore* et la *double-tâche*), l'ordinateur sélectionnait aléatoirement l'un des 3 fichiers sonores à chaque essai (fichier avec battements réguliers, fichier avec battements accélérés ou fichier avec battements ralentis).

Procédure

Le temps moyen de passation par sujet était d'environ 30 minutes (environ $\frac{1}{4}$ d'heure de passation effective et $\frac{1}{4}$ d'heure d'installation, de consigne et d'information). Tous les participants recevaient des instructions écrites et orales sur la tâche à effectuer et faisaient 12 essais de familiarisation (2 blocs de 6 essais). Si nécessaire, sur demande du sujet, les sujets pouvaient faire 12 essais supplémentaires de familiarisation.

Dans les 3 conditions, les participants avaient comme instruction principale de répondre le plus rapidement possible en faisant le moins d'erreur possible. De plus, les sujets devaient fixer le carré central et étaient informés sur le fait que faire des mouvements des yeux diminuerait leur performance. Enfin, dans les 3 conditions, il était demandé aux sujets d'ignorer le distracteur. Au début de chaque bloc d'essais, un message sur l'écran indiquait la couleur dans laquelle les distracteurs allaient apparaître (rouge ou verte) et il était à nouveau précisé que les distracteurs devaient être ignorés.

Déroulement d'un essai dans les 3 conditions :

En tâche simple :

La procédure était exactement la même que celle utilisée par Folk et Remington (1998). Les sujets pressaient la touche "espace" pour commencer un bloc. Le message précisant la couleur du distracteur à ignorer s'affichait à l'écran. Au début de chaque essai, *l'écran de fixation* était présenté pendant 500 ms. Le carré de fixation central disparaissait alors pendant 100 ms et réapparaissait ensuite pendant une période de 1000, 1100, 1200, 1300 ou 1400 ms (sélectionnée aléatoirement). *L'écran de distracteurs* apparaissait ensuite pendant 50 ms, suivi de *l'écran de fixation* pendant 100 ms.

L'écran avec cible était alors présenté pendant 50 ms, suivi à nouveau de l'écran de fixation. Les sujets faisaient une identification forcée de la cible en pressant les touches "d" et "k" du clavier azerty respectivement pour les cibles " = " et " X " (les touches étaient étiquetées). La réponse " X " se faisait à l'aide de l'index droit, et la réponse " = " à l'aide de l'index gauche. Les temps de réponse des sujets étaient mesurés dès l'apparition de l'écran avec cible. Si la réponse n'était pas donnée dans les 1500 ms suivant l'apparition de la cible, une erreur était comptabilisée et le sujet devait lancer la séquence de l'essai suivant en appuyant sur la touche "espace". Lorsqu'une réponse incorrecte était donnée, le message « mauvaise réponse » s'affichait sur l'écran pendant 500 ms. Lorsqu'aucune réponse était donnée, c'est le message « pas de réponse » qui s'affichait pendant 500 ms.

En "tâche avec son" :

Les sujets effectuaient la tâche simple (tâche de détection de cible) présentée ci-dessus, et entendaient la bande sonore pendant leurs essais (un fichier son par essai). Il était demandé aux sujets d'ignorer la bande sonore.

En "double-tâche" (tâche simple visuelle + tâche auditive) :

Tout comme pour les deux autres groupes, les sujets devaient effectuer la tâche visuelle de détection de cible. Mais après avoir donné leur réponse à la tâche de détection de cible, les sujets devaient préciser si les pulsations entendues pendant l'essai étaient restées régulières, avaient ralenti ou avaient accéléré. Les sujets appuyaient alors sur la touche "2" (=ralentissement), "3"(=régularité) ou "4"(=accélération) du clavier d'ordinateur pour indiquer leur réponse (les touches étaient étiquetées).

2.3 Résultats

En moyenne, et tous groupes confondus, le pourcentage d'erreurs dans la tâche visuelle de détection de cible est de 13,15 %. Dans la situation de double-tâche, le pourcentage moyen d'erreurs à la tâche sonore est quant à lui de 18,67 %. Seuls les essais réussis par les sujets (détermination correcte de la cible) ont été pris en compte dans l'analyse des résultats.

Dans un premier temps, nous présenterons les résultats visant à comparer nos trois groupes expérimentaux. Puis dans un second temps, nous analyserons les résultats groupe par groupe (tâche simple / tâche avec son / double-tâche).

2.3.1 Comparaison des trois groupes

La Figure 17 (graphiques a, b, c et d) présente les effets principaux et interactions significatifs lors de la comparaison des trois groupes expérimentaux.

Nous avons réalisé une ANOVA avec le facteur « groupe » (*expérience 1 -tâche simple-* ; *expérience 2 -tâche avec son-* ; *expérience 3 -double-tâche-*) comme facteur inter-sujets, et avec les facteurs « localisation » (*même* ; *différente*) et « couleur » (*même* ; *différente*) comme facteurs intra-sujet.

Nous observons un effet principal significatif du facteur « groupe », $F(2, 57) = 5.71$, $p < .01$ (voir Figure 17- graphique a). Les comparaisons post-hoc menées à l'aide du test de Scheffé indiquent que les temps de réaction moyens des sujets diffèrent significativement entre la situation de *tâche simple* ($M = 589$ ms) et la situation de *double-tâche* ($M = 691$ ms), entre la situation de *tâche avec son* ($M = 601$ ms) et la situation de *double-tâche* ($M = 691$ ms), mais pas entre la situation de *tâche simple* ($M = 589$ ms) et la situation de *tâche avec son* ($M = 601$ ms).

Nous observons également un effet principal significatif du facteur « localisation », $F(1, 57) = 21.57$, $p < .001$ (voir Figure 17- graphique b). Sur l'ensemble des trois groupes, les sujets sont plus lents lorsque le distracteur se trouve à une localisation différente de celle de la cible ($M = 643$ ms) que lorsqu'ils se trouvent tous deux à la même localisation ($M = 611$ ms).

L'interaction entre les facteurs « groupe » et « localisation » est significative, $F(2, 57) = 3.85$, $p = <.05$ (voir Figure 17- graphique c). Plus spécifiquement, les comparaisons post-hoc menées à l'aide du test de Scheffé indiquent que les temps de réaction moyens des sujets dans la condition de « même localisation » de l'expérience *tâche simple* ($M = 581$ ms) diffèrent significativement des temps de réaction moyens des sujets dans la condition « différente localisation » de l'expérience *double-tâche* ($M = 721$ ms). De même, les temps de réaction moyens des sujets dans la condition de « même localisation » de l'expérience *tâche avec son* ($M = 590$ ms) diffèrent significativement des temps de réaction moyens des sujets dans la condition « différente localisation » de l'expérience *double-tâche* ($M = 721$ ms). Enfin, les temps de réaction moyens des sujets dans la condition de « même localisation » de l'expérience *double-tâche* ($M = 661$ ms) diffèrent significativement des temps de réaction moyens des sujets dans la condition « différente localisation » de la même expérience ($M = 721$ ms). Ce n'est pas le cas entre les temps de réaction moyens à la condition « même localisation » et « différente localisation » de l'expérience *tâche simple* (respectivement $M = 581$ ms et $M = 596$ ms) et les mêmes conditions de l'expérience *tâche avec son* (respectivement $M = 590$ ms et $M = 612$ ms).

L'interaction entre les facteurs « localisation » et « couleur » est significative, $F(1, 57) = 23.07$, $p = <.001$ (voir Figure 17- graphique d). Les comparaisons post-hoc menées à l'aide du test de Scheffé indiquent notamment que les temps de réaction moyens entre la condition « même couleur/même localisation » ($M = 588$ ms) et les temps de réaction moyens entre la condition « même couleur/différente localisation » ($M = 656$ ms) diffèrent significativement. Ce n'est pas le cas entre les temps de réaction

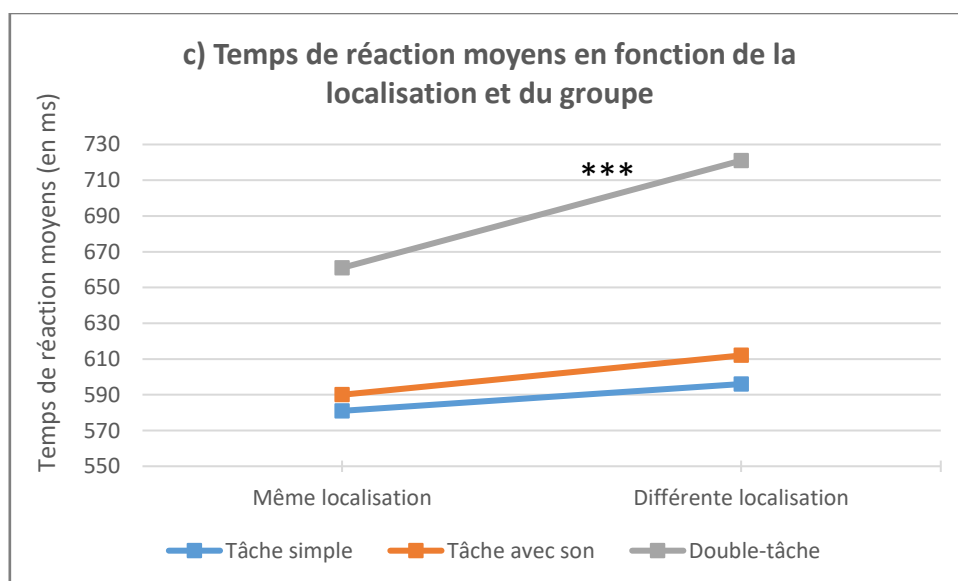
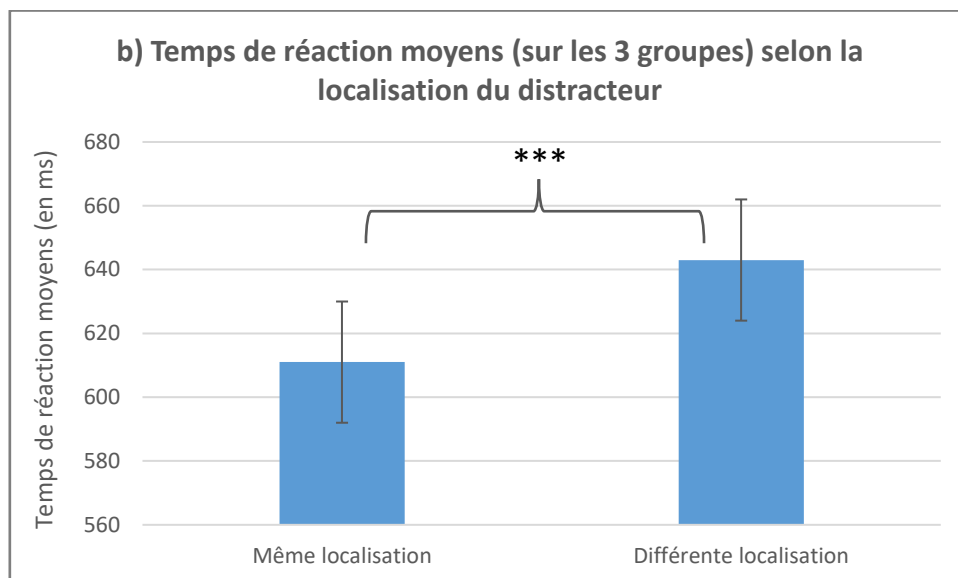
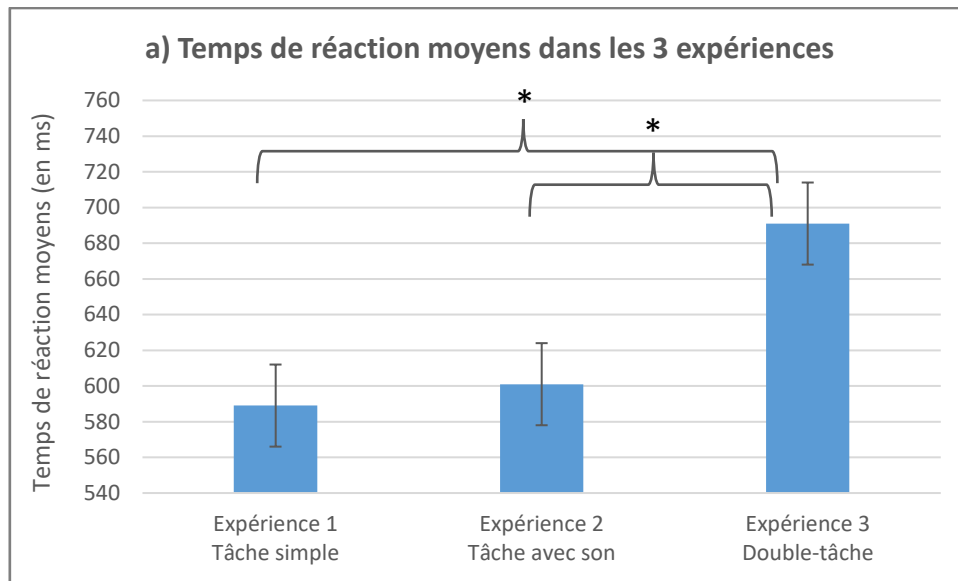
moyens à la condition « différente couleur/même localisation » ($M = 633$ ms) et ceux de la condition « différente couleur/différente localisation » ($M = 631$ ms). De plus, les temps de réaction moyens entre la condition « même couleur/même localisation » ($M = 588$ ms) et ceux de la condition « différente couleur/même localisation » ($M = 633$ ms) diffèrent significativement. Il en est de même entre les temps de réaction moyens de la condition « même couleur/même localisation » ($M = 588$ ms) et ceux de la condition « différente couleur/différente localisation » ($M = 631$ ms).

Enfin, sur les trois groupes analysés conjointement, nous n'observons pas d'effet principal du facteur « couleur », $F(1, 57) = .98$, $p = .32$, ni d'interaction entre les facteurs « couleur » et « groupe », $F(2, 57) = .77$, $p = .47$, ni de triple interaction entre les facteurs « localisation », « couleur » et « groupe », $F(2, 57) = .18$, $p = .83$.

Taux d'erreurs

Le pourcentage de réponses incorrectes à la tâche visuelle de recherche de cible ne diffère pas significativement entre l'expérience *tâche simple* ($M = 9.69\%$), l'expérience *tâche avec son* ($M = 14.92\%$) et l'expérience *double-tâche* ($M = 14.84\%$), $F(2, 57) = 1.71$, $p = .189$.

Toutefois, sur l'ensemble des trois expériences, les taux d'erreurs à la tâche de recherche visuelle de cible diffèrent selon la couleur de la cible recherchée. En effet, les taux d'erreurs sont significativement plus importants lorsque la cible recherchée est de couleur verte ($M = 16.14\%$) que lorsqu'elle est de couleur rouge ($M = 10.16\%$), $t(58) = 2.32$, $p < .05$.



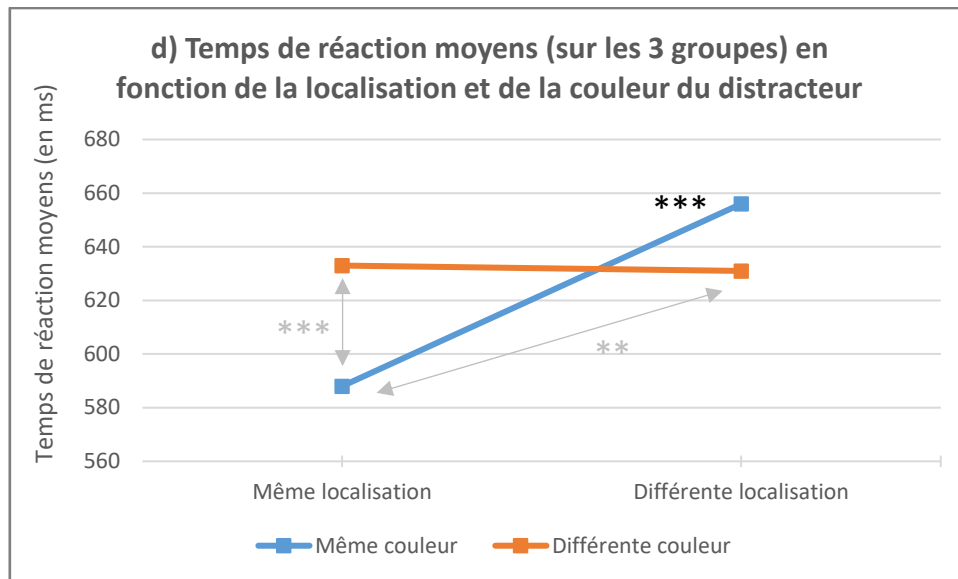


Figure 17. Le **graphique a** représente les temps de réaction moyens des participants dans les 3 expériences (*Tâche simple*, *Tâche avec son* et *Double-tâche*). Le **graphique b** représente les temps de réaction moyens (sur les 3 groupes, c.-à-d. *Tâche simple*, *Tâche avec son* et *Double-tâche*) en fonction de la localisation du distracteur (*Même localisation* que la cible ou *Différente localisation*). Le **graphique c** représente les temps de réaction moyens des sujets en fonction de la localisation du distracteur et du groupe. Enfin, le **graphique d** représente les temps de réaction moyens (sur les 3 groupes) en fonction de la localisation et de la couleur du distracteur (*Même couleur* que la cible ou *Différente couleur*). Les barres d'erreurs représentent les erreurs-types. Les principales différences significatives sont représentées dans les graphiques par un astérisque (*), avec * pour $p < 0.05$, ** pour $p < 0.01$ et *** pour $p < 0.001$.

2.3.2 Effets par types de tâche

2.3.2.1 Tâche simple (tâche sans son)

La Figure 18 présente les temps de réaction moyens des sujets de la tâche simple, en fonction de la couleur de la cible, de la couleur du distracteur et de la localisation de la cible et du distracteur.

Les comparaisons planifiées montrent un effet de la localisation significatif lorsque la cible est rouge et que le distracteur est rouge, $F(1, 9) = 27.93$, $p < .001$, ce qui n'est pas le cas lorsque le distracteur est vert, $F(1, 9) = 0.04$, $p = .84$.

Ainsi, lorsque la cible rouge et le distracteur rouge ont la même localisation, les temps de réaction des sujets sont significativement plus courts ($M = 535$ ms) que lorsqu'ils ont chacun des localisations différentes ($M = 590$ ms). Ce n'est pas le cas lorsque la cible est rouge et que le distracteur est vert ($M = 558$ ms lorsqu'ils apparaissent à la même localisation ; $M = 555$ ms lorsqu'ils apparaissent à des localisations différentes).

Lorsque la cible est verte, nous n'observons pas d'effet de la localisation lorsque le distracteur est rouge, $F(1, 9) = 1.13$, $p = .31$ ($M = 644$ ms lorsque cible et distracteur apparaissent à la même localisation et $M = 621$ ms lorsqu'ils apparaissent à des localisations différentes), ni lorsque le distracteur est vert, $F(1, 9) = 1.67$, $p = .23$ ($M = 586$ ms lorsque cible et distracteur apparaissent à la même localisation et $M = 620$ ms lorsqu'ils apparaissent à des localisations différentes).

Il est intéressant de noter que les résultats obtenus dans cette condition de tâche simple répliquent parfaitement ceux de Folk et Remington (1998) (lorsque la cible et le distracteur sont de couleur rouge). Ce point sera développé dans la partie « discussion » de cette étude.

2.3.2.2 Tâche avec son

La Figure 19 présente les temps de réaction moyens des sujets de la tâche avec son, en fonction de la couleur de la cible, de la couleur du distracteur et de la localisation de la cible et du distracteur.

Les comparaisons planifiées révèlent un effet de la localisation significatif lorsque la cible est rouge et que le distracteur est rouge, $F(1, 9) = 7.57, p < .05$. Ce n'est pas le cas lorsque la cible est verte et le distracteur vert, $F(1, 9) = 3.02, p = .11$.

De ce fait, lorsque la cible et le distracteur partagent la même couleur rouge (cible rouge/distracteur rouge), les temps de réaction des sujets sont significativement plus courts lorsque le distracteur et la cible ont la même localisation ($M = 518$ ms) que lorsqu'ils ont chacun des localisations différentes ($M = 584$ ms). Cet effet n'est pas significatif lorsque la cible et le distracteur sont de couleur verte ($M = 600$ ms lorsqu'ils apparaissent à la même localisation ; $M = 656$ ms lorsqu'ils apparaissent à des localisations différentes).

Dans le cas où la cible est rouge et que le distracteur est vert, il n'y a pas d'effet significatif de la localisation, $F(1, 9) = 0.68, p = .43$ ($M = 625$ ms lorsque cible et distracteur apparaissent à la même localisation et $M = 599$ ms lorsqu'ils apparaissent à des localisations différentes).

De même, nous n'observons pas d'effet significatif lorsque la cible est verte et que le distracteur est rouge, $F(1, 9) = 0.13, p = .72$ ($M = 617$ ms lorsque cible et distracteur apparaissent à la même localisation et $M = 610$ ms lorsqu'ils apparaissent à des localisations différentes).

2.3.2.3 Double-tâche (tâche visuelle + tâche auditive)

La Figure 20 présente les temps de réaction moyens des sujets de la double-tâche, en fonction de la couleur de la cible, de la couleur du distracteur et de la localisation de la cible et du distracteur.

Les comparaisons planifiées font état d'un effet de localisation significatif lorsque la cible est rouge et que le distracteur est rouge $F(1, 9) = 11.54, p < .01$. Il en est de même lorsque la cible est verte et que le distracteur est vert $F(1, 9) = 8.10, p < .05$.

Ainsi, lorsque la cible et le distracteur sont de la même couleur, les participants sont plus rapides pour détecter la cible lorsque le distracteur apparaît à la même localisation que la cible ($M = 677$ ms lorsque la cible et le distracteur sont rouges et $M = 614$ ms lorsque la cible et le distracteurs sont verts), que lorsqu'il apparaît à une localisation différente de celle-ci ($M = 767$ ms lorsque la cible et le distracteur sont rouges et $M = 720$ ms lorsque la cible et le distracteurs sont verts).

Ce n'est pas le cas lorsque la cible et le distracteur sont de couleurs différentes. En effet, aucun effet significatif de localisation n'apparaît lorsque la cible est rouge et lorsque le distracteur est vert $F(1, 9) = 0.11, p = .74$ ($M = 690$ ms lorsque cible et distracteur apparaissent à la même localisation et $M = 699$ ms lorsqu'ils apparaissent à des localisations différentes). Il en est de même lorsque la cible est verte et le distracteur est rouge $F(1, 9) = 2.76, p = .13$ ($M = 665$ ms lorsque cible et distracteur apparaissent à la même localisation et $M = 699$ ms lorsqu'ils apparaissent à des localisations différentes).

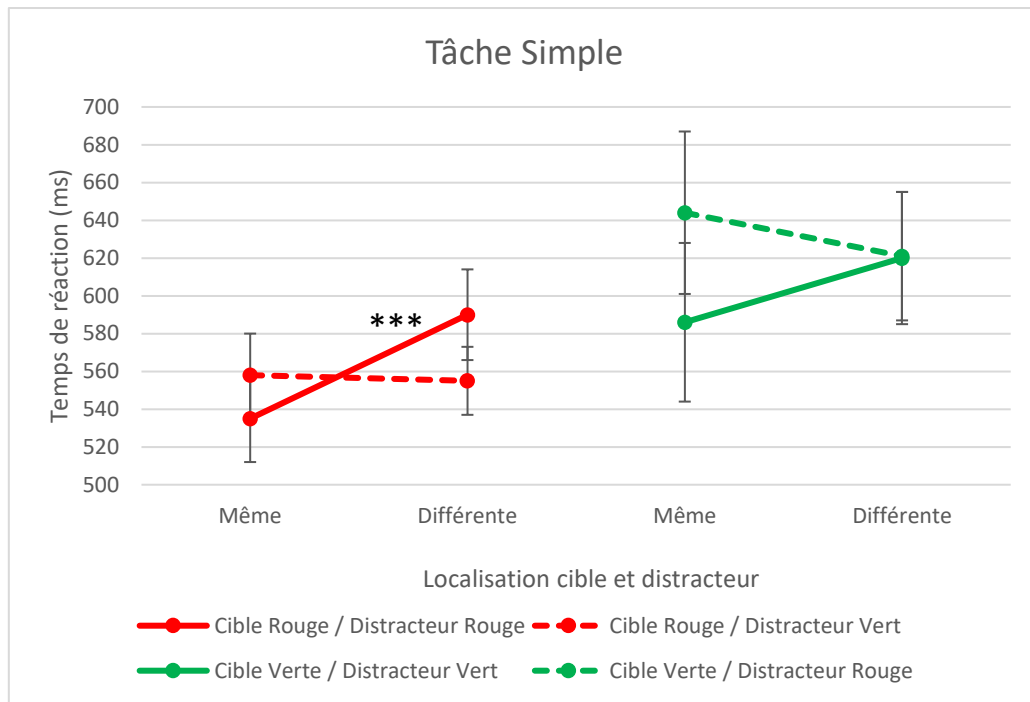


Figure 18. Temps de réaction moyens en fonction de la couleur de la cible, de la couleur du distracteur et de la localisation de la cible et du distracteur, dans l'expérience en tâche simple. Les barres d'erreurs représentent les erreurs-types. Les différences significatives sont représentées par un astérisque (*), avec *** pour $p < 0.001$.

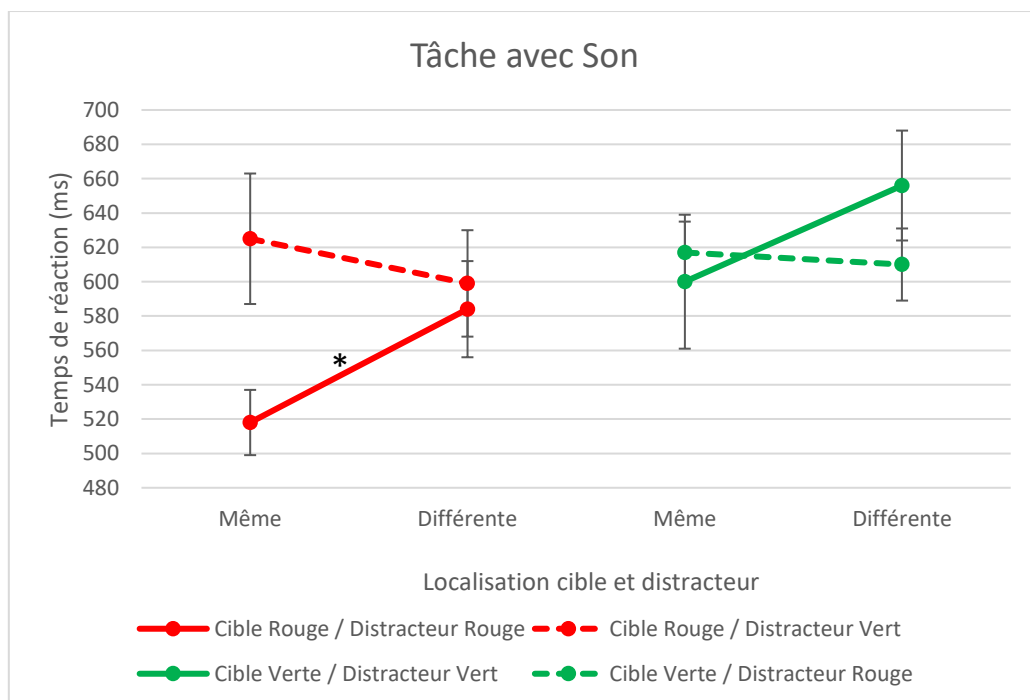


Figure 19. Temps de réaction moyens en fonction de la couleur de la cible, de la couleur du distracteur et de la localisation de la cible et du distracteur, dans l'expérience en

tâche avec son. Les barres d'erreurs représentent les erreurs-types. Les différences significatives sont représentées par un astérisque (*), avec * pour $p < 0.05$.

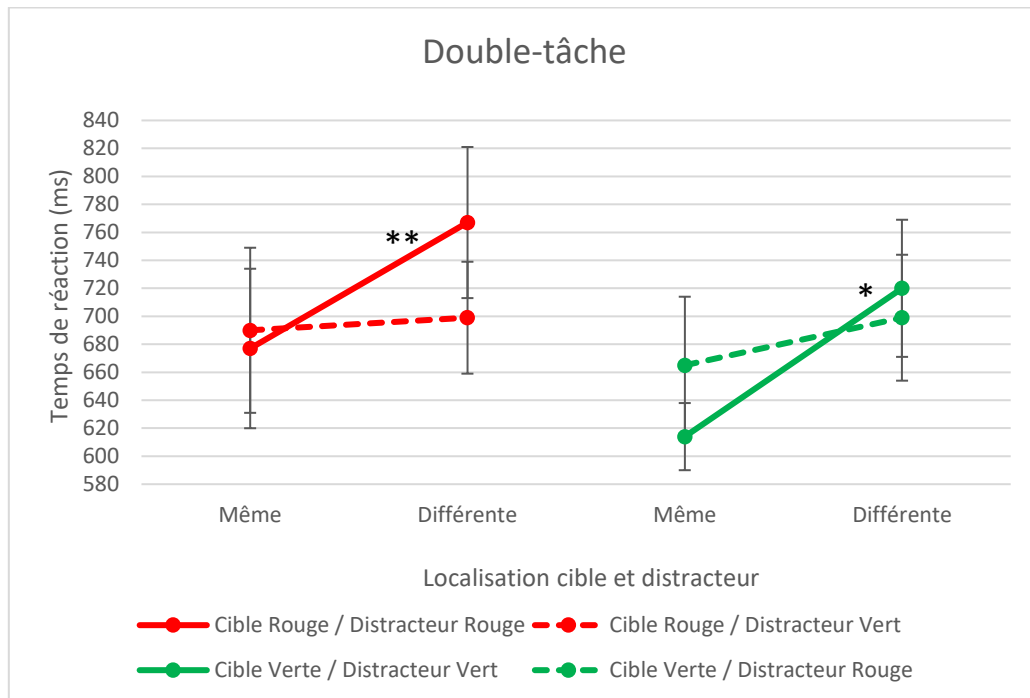


Figure 20. Temps de réaction moyens en fonction de la couleur de la cible, de la couleur du distracteur et de la localisation de la cible et du distracteur, dans l'expérience en double-tâche. Les barres d'erreurs représentent les erreurs-types. Les différences significatives sont représentées par des astérisques (*), avec * pour $p < 0.05$ et ** pour $p < 0.01$.

2.4 Discussion

Dans cette première étude, nous avons testé les effets d'une modulation de la charge cognitive sur la capture attentionnelle.

Pour ce faire, nous avons utilisé dans une première expérience le *paradigme modifié de la pré-signalisation* (Folk & Remington, 1998), auquel nous avons adjoint une tâche auditive concurrente dans les deux expériences suivantes.

Tout d'abord, concernant les différents types de tâches, de manière attendue il apparaît que les temps de réaction des participants sont en moyenne plus courts en situation de "tâche simple" qu'en situation de "tâche avec son" ou de "double-tâche" (voir Figure 17-graphique a). En effet, la charge cognitive des sujets s'accroît logiquement en fonction du nombre de tâches à effectuer et de leurs coûts attentionnels respectifs, ce qui impacte les temps de réaction des participants.

De plus, et de manière attendue également, sur l'analyse conjointe des trois groupes expérimentaux les participants sont plus lents lorsque le distracteur se trouve à une localisation différente de celle de la cible que lorsqu'ils se trouvent tous deux à la même localisation (et ce bien que le distracteur, à ignorer, soit non-pertinent à la tâche de détection de cible) (voir Figure 17-graphique b). De manière plus spécifique, cet effet s'observe entre la condition de « même localisation » de l'expérience *tâche simple* et la condition « différente localisation » de l'expérience *double-tâche*, entre la condition de « même localisation » de l'expérience *tâche avec son* et la condition « différente localisation » de l'expérience *double-tâche*, et entre la condition de « même localisation » et la condition « différente localisation » de l'expérience *double-tâche* (voir Figure 17-graphique c).

Enfin, on observe (toujours à partir de l'analyse conjointe des trois groupes expérimentaux) que les participants sont plus rapides à détecter la cible lorsque le distracteur est de la même couleur que celle-ci et apparaît à la même localisation (condition « même couleur/même localisation »), que lorsque le distracteur est de la même couleur que la cible mais qu'il apparaît à une localisation différente de cette dernière (condition « même couleur/différente localisation ») (voir Figure 17-graphique d). Ce n'est pas le cas lorsque le distracteur est d'une couleur différente de celle de la cible. Ces derniers résultats révèlent ainsi un effet de capture attentionnelle contingente.

En outre, les résultats de nos trois expériences analysées séparément (voir le point 2.3.2 de la partie Résultats), et reprenant donc le *paradigme modifié de la pré-signalisation* (Folk & Remington, 1998), répliquent parfaitement l'*effet de capture attentionnelle contingente* observé par Folk et Remington (1998 ; Folk, Remington & Johnston, 1992) (voir Figure 21). Ainsi, les participants sont significativement plus rapides pour détecter la cible rouge lorsque celle-ci est précédée à la même localisation par le distracteur rouge, que lorsqu'ils apparaissent à des localisations différentes (signe de capture attentionnelle par le distracteur de même couleur). Plus spécifiquement, cet effet s'observe significativement lorsque le distracteur et la cible sont rouges dans nos trois types de tâches : en condition de "tâche simple", mais aussi en condition de "tâche avec son" et en condition de "double-tâche" (voir Figures 18, 19 et 20 et voir le point 2.3.2 de la partie Résultats).

Il est à noter que lorsque la cible et le distracteur sont de couleur verte, l'*effet de capture attentionnelle contingente* est uniquement mis en évidence en situation de double-tâche (et non en situation de tâche simple ou de tâche avec son). Ceci peut être expliqué par le fait qu'en augmentant la difficulté d'une tâche de recherche de cible, comme par exemple en utilisant un champ de recherche plus grand ou en plaçant les participants en situation de double-tâche, ces derniers organisent leur recherche en

portant prioritairement leur attention sur les stimuli distinctifs (Boot, Brockmole & Simons, 2005 ; Todd & Kramer, 1994). La quantité de ressources attentionnelles disponibles affecte de ce fait directement la stratégie de recherche du participant, qui, en situation de double-tâche, focalise en priorité son attention sur les singletons/éléments uniques de couleur. Toutefois, la raison pour laquelle l'*effet de capture involontaire contingente* n'est pas mis en évidence lorsque la cible recherchée et le distracteur sont tous deux de couleur verte dans les expériences en "tâche simple" et "tâche avec son" reste encore incertaine. Il est cependant probable que le traitement perceptif des couleurs (notamment rouges et vertes dans le cas de notre étude) diffère quelque peu¹³.

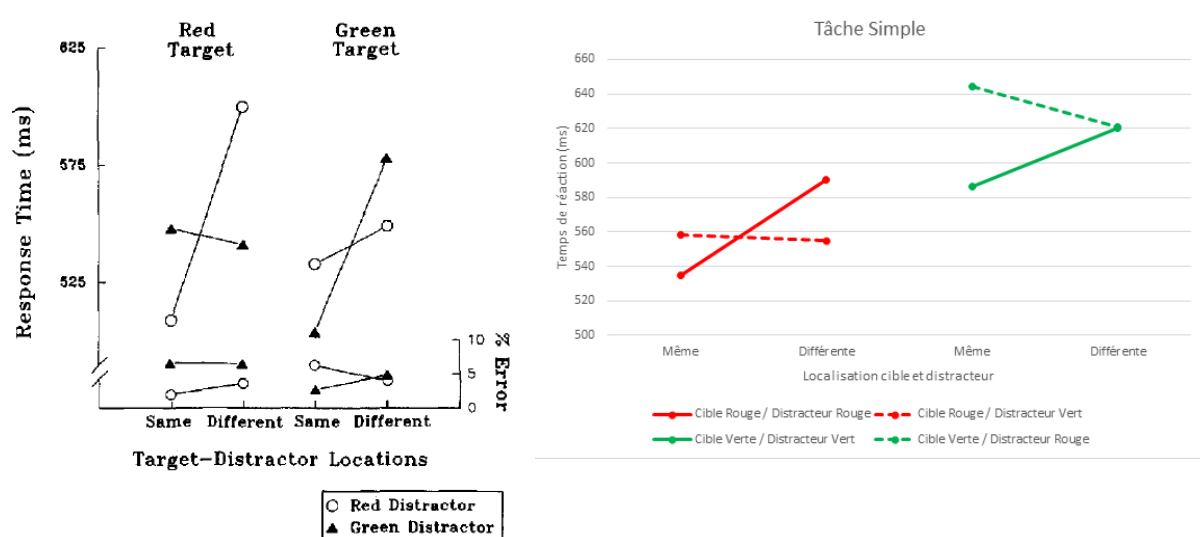


Figure 21. A gauche : Temps de réaction moyens des participants en tâche simple en fonction de la couleur de la cible recherchée (rouge ou verte), de la couleur du distracteur (rouge ou vert), et de la localisation de la cible et du distracteur (même localisation ou différente localisation) d'après Folk et Remington (1998). A droite : nos données dans la réplique de cette même expérience (en tâche simple).

¹³ L'analyse des taux d'erreurs à la tâche de détection de cible va également dans le sens d'une différence de traitement en fonction de la couleur de la cible recherchée. En effet, les participants commettent plus d'erreurs d'identification de la cible lorsque cette dernière est de couleur verte que lorsqu'elle est de couleur rouge.

Nos résultats répliquent ceux de Folk et Remington (1998) et mettent ainsi clairement en évidence un *effet de capture attentionnelle contingente* par des distracteurs non-pertinents à la tâche, y compris dans les conditions de "tâche avec son" et de "double-tâche". Dans la condition de "tâche avec son", le fait que les sujets entendent la bande sonore pendant qu'ils effectuent leur tâche de détection de cible n'altère en rien le phénomène de *capture attentionnelle contingente*, qui se révèle ainsi être un effet particulièrement robuste. Ceci se vérifie d'autant plus remarquablement en condition de double-tâche : alors que la charge cognitive des sujets est fortement accrue, l'effet de *capture attentionnelle contingente* est toujours présent (il apparaît même pour la couleur verte dans cette seule situation de double-tâche !).

Nous avons observé les mêmes effets dans trois expériences similaires réalisées précédemment (mémoire de master 2 de Arexis Lages, 2010), en utilisant une autre tâche auditive concurrente pour les conditions de "tâche avec son" et de "double-tâche", celle de Boot, Brockmole et Simons (2005) (voir dans la partie Annexes pour les données concernant la méthode de nos expériences menées en 2010).

Ainsi, dans ces expériences aussi, seuls les distracteurs de couleur similaire à celle de la cible recherchée ont capturé l'attention des sujets (en cohérence avec les observations de Folk et Remington, 1998), et ce, même dans les conditions où la charge cognitive des participants était considérablement augmentée.

Enfin, l'hypothèse selon laquelle nous observerions un « renversement » du phénomène de capture attentionnelle en situation de double-tâche, c'est-à-dire que les distracteurs de couleurs différentes de celle de la cible recherchée provoqueraient une capture attentionnelle chez les sujets en condition de double-tâche, n'a pas été confirmée.

En effet, les travaux de Boot, Brockmole et Simons (2005) montraient qu'une couleur qui, en tâche simple, ne produisait pas d'effet de capture attentionnelle chez les sujets se mettait à capturer leur attention en situation de double-tâche. A partir de ces observations, nous avons émis l'hypothèse qu'en condition de double-tâche, un distracteur d'une couleur différente de celle de la cible serait susceptible de capturer l'attention des sujets. Nos résultats ont montré que ce n'était pas le cas, dans aucune des conditions.

En définitive, l'effet de capture attentionnelle par un distracteur partageant une caractéristique commune avec la cible, *l'effet de capture attentionnelle contingente*, est un phénomène particulièrement robuste. En effet, celui-ci se retrouve dans nos trois tâches, et ce, malgré la complexité accrue pour détecter la cible en situation de double-tâche et de tâche avec son (par rapport à la situation de tâche simple). *L'hypothèse de l'orientation involontaire contingente* développée par Folk et Remington n'est donc absolument pas remise en cause lorsque la charge cognitive des sujets est augmentée. Tout compte fait, la situation de double-tâche pourrait même entraîner une amplification du phénomène de *capture attentionnelle contingente* décrit par Folk et Remington (1998) et observé dans notre étude.

Les conséquences de ces observations pour les situations de la vie réelle sont considérables. Ainsi par exemple, la compréhension et la prise en compte des mécanismes attentionnels (et notamment de la survenue de l'effet capture attentionnelle) lors de la conception des tableaux de bord des voitures ou des cockpits d'avions (comportant nombre de dispositifs d'alertes et d'affichages lumineux et sonores indispensables à la sécurité des usagers) sont essentielles afin d'assurer de manière optimale la sécurité des utilisateurs.

Dans l'Etude 2 de notre manuscrit, présentée ci-après, nous avons souhaité approfondir la question de la « transposabilité » à la vie réelle des effets de capture attentionnelle observés en laboratoire, en utilisant un matériel issu du « monde réel » : des photographies de scènes routières.

Les résultats de cette recherche ont fait l'objet d'une communication au 54ème Congrès National de la Société Française de Psychologie à Montpellier en septembre 2012 (Arexis, Didierjean & Maquestiaux, 2012) (voir capture de la communication affichée en Annexes) :

Arexis, M., Didierjean, A., & Maquestiaux, F. (2012, septembre). Modulation de l'attention disponible : effets sur la capture attentionnelle. Communication présentée au 54ème Congrès National de la Société Française de Psychologie, Montpellier. En ligne <http://www.sfpsy.org/IMG/pdf/actes-54emecongres-sfp2012-def.pdf>

3. Étude 2 – Capture attentionnelle dans des situations de scènes routières

3.1 Objectifs de l'étude 2

Notre deuxième étude occupe une place centrale dans la problématique de recherche de notre travail de thèse. En effet, par le choix du matériel utilisé dans les tâches de détection de cible, cette étude aborde directement la question de la « transposabilité » à la vie réelle des effets de capture attentionnelle observés en laboratoire. Ainsi, pour cette recherche, nous avons utilisé un matériel visuellement plus complexe et extrait du monde réel : des photographies de scènes simulées de conduite automobile (voir Figure 22).



Figure 22. Exemple de photographie de scène de conduite automobile utilisée dans l'Etude 2.

Bien qu'un nombre important de travaux ait été mené sur le thème des double-tâches lors de la conduite (voir Levy & Pashler, 2008 ; Levy, Pashler, & Boer, 2006 ; Strayer & Johnston, 2001), peu de recherches portent spécifiquement sur la question de la capture de l'attention visuelle lors de la conduite. Pourtant, les conducteurs se retrouvent fréquemment dans des situations où des stimuli visuellement saillants, mais non pertinents à la tâche de conduite en cours, sont susceptibles de capturer leur attention, tels que l'apparition de nouveaux éléments sur un GPS. De ce fait, est-ce que les modifications dans l'environnement du conducteur auront pour effet de détourner automatiquement l'attention de ce dernier ? Ou au contraire, les individus ont-ils la capacité d'ignorer ce type d'éléments distracteurs ?

Le but notre étude est de répondre à ces interrogations en utilisant dans nos expériences un matériel extrait de la vie réelle. En effet, jusqu'ici l'ensemble des recherches portant sur la capture attentionnelle utilisaient un matériel visuellement très peu complexe, tel que des lettres de l'alphabet ou des formes géométriques simples présentées fixement sur un fond homogène sans signification particulière pour l'observateur (à noter cependant que le matériel utilisé par Most et Astur en 2007 y fait exception). Bien que les expérimentations menées avec ce type de matériel aient grandement contribué à améliorer la compréhension des processus attentionnels, elles n'ont toutefois pas permis de généraliser leurs conclusions en les appliquant aux situations de la vie quotidienne. De ce fait, l'objectif de notre deuxième recherche est d'étudier le phénomène de capture attentionnelle à l'aide de scénarios plus « réalistes ».

Dans cette perspective, nous avons exploré plusieurs dimensions nous rapprochant du monde réel en nous basant sur quatre constats. Tout d'abord, la plupart des études classiques portant sur la capture attentionnelle utilisent un matériel constitué de stimuli très « simples » (p. ex. des séries de lettres) alors que dans la vie quotidienne notre champ visuel est généralement très riche en informations. Ensuite, dans la majorité des cas, les études classiques sur la capture attentionnelle font

apparaître les éléments distracteurs uniquement à des localisations où la cible peut apparaître. Cependant, dans le monde réel, les scènes ont plutôt tendance à être « découpées » et traitées en « zones », pertinentes (comme par exemple la route sur laquelle on conduit) ou non-pertinentes (comme par exemple les panneaux publicitaires situés en bord de route). En outre, la plupart des recherches dans le domaine présentent systématiquement un distracteur dans chaque essai, alors que dans la vie de tous les jours, les distracteurs sont au contraire assez imprévisibles. Enfin, les études sur la capture attentionnelle consistent généralement en une tâche simple (de recherche visuelle de cible), alors que dans le monde réel les tâches sont souvent multiples (p. ex. suivre la route tout en maintenant la vitesse et en écoutant la radio).

Il est compliqué de prévoir comment la première dimension évoquée (*la complexité de la scène*) peut influencer la capture attentionnelle. Cependant, nous supposons que la seconde dimension (*placer les distracteurs à des localisations non-pertinentes*) devrait avoir pour effet de diminuer la capture. Quant à la troisième dimension (*la rareté du distracteur*) et à la quatrième dimension (*attention partagée entre plusieurs tâches*), nous émettons l'hypothèse qu'elles sont susceptibles d'augmenter la capture attentionnelle.

Notre étude comporte trois expériences, menées sur 123 participants. Dans la première expérience, nous avons mesuré la capacité des sujets à identifier une cible rouge¹⁴ sur une photographie de scène de conduite en présence ou non d'un distracteur, qui consistait en un changement de couleur (rouge ou vert) sur un GPS situé à un endroit totalement non-pertinent pour la recherche de cible (la cible n'apparaissait jamais à cet endroit).

Dans les expériences suivantes, nous avons testé deux conditions pouvant potentiellement affecter les sujets dans leur tâche de détection cible : *la réduction de*

¹⁴ La couleur rouge a été choisie car elle renvoie à la couleur usuelle des signaux d'alerte.

la fréquence d'apparition des distracteurs (dans l'expérience 2) et la réduction des ressources attentionnelles disponibles en condition de double-tâche (Expérience 3).

3.2 Expérience 1

3.2.1 Méthode de l'expérience 1

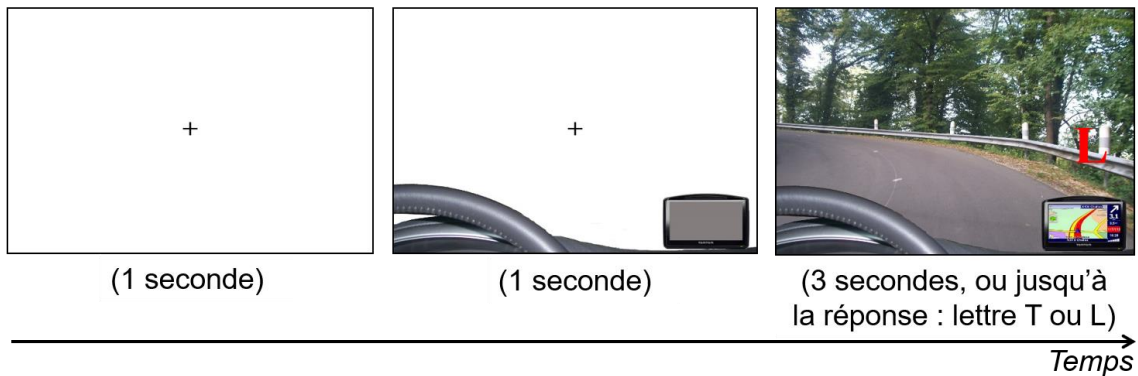
Principe de l'expérience et spécifications

Dans l'expérience 1, les participants devaient chercher et identifier la cible rouge (soit la lettre T, soit la lettre L)¹⁵ présentée sur une photographie d'une scène de conduite (voir Figure 22).

Chaque essai débutait par un point de fixation central présenté dans un champ de recherche (*display*) blanc. Celui-ci était suivi de l'image d'un tableau de bord contenant un volant sur la gauche et un GPS éteint (c.-à-d. dont l'écran était gris) situé en bas à droite du champ de recherche (voir Figure 23). Enfin, apparaissait le champ de recherche visuelle de cible contenant la photographie de scène de conduite. Dans la moitié des essais, le GPS restait inchangé (c.-à-d. gris) après que le champ de recherche contenant la photographie apparaissait. Dans l'autre moitié des essais, le GPS « s'allumait » et affichait un trajet. Lorsque le GPS était activé, la route affichée pouvait avoir la même couleur que la cible recherchée (c.-à-d. rouge) (dans la moitié des essais), ou une couleur différente (c.-à-d. verte) (dans l'autre moitié des essais).

¹⁵ Etant donné leur forte ressemblance, les lettres T et L n'étaient pas identifiées par les sujets de manière « pré-attentive » mais requéraient au contraire une attention de type spatiale. Ainsi, la moindre attention portée au distracteur se révélait par un ralentissement dans la tâche de détection de cible.

Essai avec distracteur (GPS allumé)



Essai sans distracteur (GPS gris/éteint)

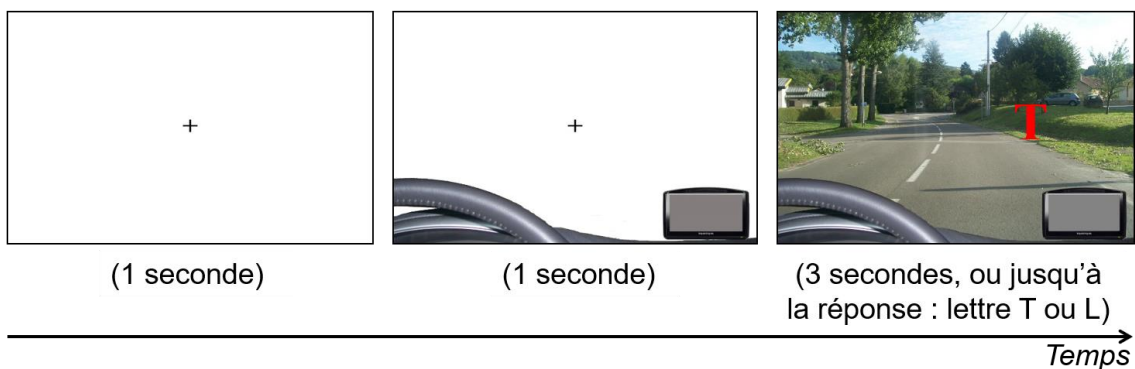


Figure 23. Déroulement d'un essai en présence du distracteur (GPS allumé, essai du haut) et en l'absence de distracteur (GPS gris/éteint, essai du bas). En rapport avec la couleur rouge de la cible que les participants recherchaient, la couleur du distracteur était soit dite « pertinente » (donc rouge, telle qu'elle apparaît sur la figure ci-dessus), soit dite « non-pertinente » (donc verte ; n'apparaît pas sur la figure). Pour une meilleure visibilité, notez que la taille des lettres cibles rouges sur la figure a été quadruplée.

Les études portant sur la capture attentionnelle montrent que les stimuli saillants ont bien souvent des effets néfastes sur notre capacité à rechercher la cible, mais seulement lorsqu'ils partagent les mêmes propriétés que celles définissant la cible, telles que la couleur. Cette *théorie de la capture attentionnelle contingente* permet de prédire que lors de la recherche d'une cible rouge placée sur une photographie de scène routière, seuls les écrans GPS distracteurs de couleur rouge produiront un « coût

de présence-absence »¹⁶ (et non les écrans GPS de couleur verte ou gris/éteints). Il reste toutefois à s'assurer que les effets de capture attentionnelle contingente observés à l'aide de champ de recherche visuellement peu complexes se vérifient dans le cas de champs de recherche riches en information comme une photographie de scène de conduite. Pour rappel, Boot, Kramer et Becic (2006) affirmaient que la généralisation des effets de capture attentionnelle de champs de recherches simples à des champs de recherches complexes pouvait être peu concluante.

Selon la *théorie du contrôle attentionnel bottom-up* (ou *stimulus-driven*), les « coûts de présence-absence » devraient au contraire être observés à la fois lorsque les écrans des GPS sont rouges et verts.

Enfin, les distracteurs saillants (qu'ils soient pertinents ou non-pertinents) peuvent échouer à capturer l'attention des participants si ces derniers se révèlent être capable d'ignorer totalement la localisation des distracteurs (localisation où la cible n'apparaît jamais). Ce type de cas est particulièrement intéressant à étudier car ce sont des situations fréquemment rencontrées dans le monde réel.

Participants

25 sujets (10 hommes et 15 femmes), âgés de 18 à 23 ans (moyenne d'âge de 22.7 ans), dont la vision était normale ou corrigée et ne présentant pas de problèmes de perception des couleurs ont participé à l'expérience. Les participants ont été recrutés à l'Université de Franche-Comté.

¹⁶ Le « coût de présence-absence » évoque le ralentissement observé du temps de réaction d'un participant lorsque ce dernier recherche une cible en présence d'un distracteur de couleur. Le participant est en effet plus lent à détecter la cible lorsque le distracteur de couleur est présent que lorsqu'il est absent (et ce, bien que le distracteur soit non-pertinent à la tâche de détection de cible).

Matériel

120 photographies, prises de l'intérieur d'une voiture, ont été utilisées. Chaque photographie était présentée dans une définition de 1024 x 758 points, avec un angle visuel horizontal de 36.68° et vertical de 23.38° à une distance de vue de 46 cm. Au premier plan de chaque photographie était ajouté un tableau de bord comprenant un volant sur la gauche ainsi qu'un GPS situé en bas à droite de l'écran (voir Figure 23). L'écran du GPS présentait un angle visuel horizontal de 7.46° et de 3.74° verticalement.

Deux versions de chaque photographie étaient créées : une comprenait un écran de GPS « gris »/éteint ("distracteur GPS absent") et l'autre présentait un écran de GPS « coloré »/allumé ("distracteur GPS présent"). L'écran GPS coloré représentait un itinéraire sans lien avec les photographies de scènes routières utilisées dans l'expérience. La couleur du chemin affiché sur le GPS était rouge pour la moitié des photographies avec un "distracteur GPS présent" (c.-à-d. 60 photographies) et verte pour l'autre moitié (c.-à-d. 60 photographies), possédant ainsi une couleur qui était soit « pertinente » (c.-à-d. rouge), soit « non-pertinente » (c.-à-d. verte) avec la couleur de la cible (qui était toujours rouge).

Sur chaque photographie était ajoutée la cible rouge, qui était soit la lettre T (pour la moitié des photographies), soit la lettre L (pour l'autre moitié), présentée dans la police d'écriture Times New Roman. La cible présentait un angle visuel horizontal de 1.49° et de 1.49° verticalement. A chaque essai, la cible pouvait apparaître à n'importe quel endroit sur la photographie de scène routière ; de plus, la cible était distribuée de manière aléatoire et uniforme sur l'ensemble des photographies.

Equipement

L'ensemble de l'expérience (présentation des stimuli, chronométrage, collecte des réponses) s'est déroulé sur un ordinateur portable Dell D630, à partir du logiciel E-Prime 2.

Procédure

Avant de débiter l'expérience, il était précisé aux participants que dans les situations de conduite, il est crucial de détecter rapidement et de réagir de manière appropriée à des stimuli de couleur rouge, tels que les feux stop (de freinage) de la voiture qui nous précède ou les feux rouges des feux tricolores. Il était indiqué aux participants qu'afin d'étudier ces comportements, la tâche expérimentale consistait à repérer et à identifier le plus rapidement possible et en faisant le moins d'erreur possible la lettre cible rouge située dans une photographie de scène routière. Les sujets répondaient en pressant la touche "S" (étiquetée "T")¹⁷ du clavier d'ordinateur lorsqu'ils identifiaient la lettre cible T, et en pressant la touche "L" pour la lettre cible L. Le clavier d'ordinateur utilisé était un clavier AZERTY.

En préambule de l'expérience, les participants effectuaient 5 essais de familiarisation dans le but de s'habituer à la tâche. Ces essais de familiarisation étaient ensuite suivis des 240 essais expérimentaux, ordonnés aléatoirement à partir des 120 photographies avec le "distracteur GPS présent" et des 120 photographies avec le "distracteur GPS absent".

¹⁷ Noter que le choix de la touche "S" à presser lorsque la cible était la lettre T est dû à une raison purement pratique, la localisation de la touche "S" sur le clavier facilitant un meilleur accès manuel aux sujets que la touche "T".

Chaque essai débutait par l’affichage d’une croix noire de fixation centrale (que les participants devaient regarder) présentée pendant 1 seconde au milieu de l’écran blanc (voir Figure 23). Elle était ensuite suivie de l’affichage du tableau de bord comprenant le volant et le GPS avec écran gris/éteint et la croix noire centrale pendant 1 seconde. Apparaissait enfin la photographie, qui était présentée pendant 3 secondes, temps durant lequel les participants devaient identifier la cible et répondre (les temps de réaction des sujets étaient mesurés en ms). Pour passer à l’essai suivant, les sujets devaient presser la touche espace du clavier d’ordinateur (ce qui était indiqué à l’écran). A noter qu’une pause de 5 minutes séparait la session expérimentale en 2 blocs de 120 essais. Le temps moyen de passation par sujet variait d’environ 35 à 40 mn.

3.2.2 Résultats de l’expérience 1

Seuls les essais réussis par les sujets (détermination correcte de la cible) ont été pris en compte dans l’analyse des résultats. Nous avons analysé les essais pour lesquels les temps de réaction étaient compris entre 100 ms et 2500 ms. De ce fait, 1.04% des essais ont été exclus des analyses.

Les temps de réaction moyens et les taux d’erreurs sont présentés dans le Tableau 1. La Figure 24 représente les temps de réaction en fonction de la présence du distracteur.

Analyse des temps de réaction

Nous avons effectué deux tests t pour échantillons appariés. Le premier test compare les temps de réaction lorsque le distracteur (qu’il soit rouge ou vert) est **présent**, versus **absent**. Le second test compare les temps de réaction lorsque la

couleur du distracteur est « **pertinente** » (c.-à-d. rouge, comme la cible) versus « **non-pertinente** » (c.-à-d. verte).¹⁸

Les temps de réaction moyens sont quasiment identiques selon que le distracteur est présent ($M = 944$ ms) ou absent ($M = 942$ ms), $t(24) < 1$, ce qui représente par conséquent un « coût de présence-absence » négligeable (2 ms). De plus, l'intervalle de confiance de 95% sur l'ensemble de l'effet de « présence-absence » est compris entre -8 ms à 13 ms, ce qui indique que les données sont suffisamment précises pour écarter tout effet substantiel de capture attentionnelle (voir Figure 24).

Aucun effet significatif n'apparaît selon que la couleur du distracteur est pertinente ($M = 946$ ms) ou non-pertinente ($M = 943$ ms), $t(24) < 1$. Le coût de la « pertinence de la couleur » est de ce fait négligeable (3 ms), avec un intervalle de confiance compris entre -10 ms et 16 ms.

Taux d'erreurs

Le pourcentage total de réponses incorrectes est de 4.2%. Les taux d'erreurs ne sont ni influencés par la présence du distracteur, $t(24) < 1$, ni par la pertinence du distracteur, $t(24) = 1.63$, $p = .116$.

¹⁸ Noter que les caractéristiques du distracteur « présent/absent » et « pertinent/non-pertinent » ne sont pas orthogonales. De ce fait, elles ne peuvent pas être combinées en une ANOVA à deux facteurs.

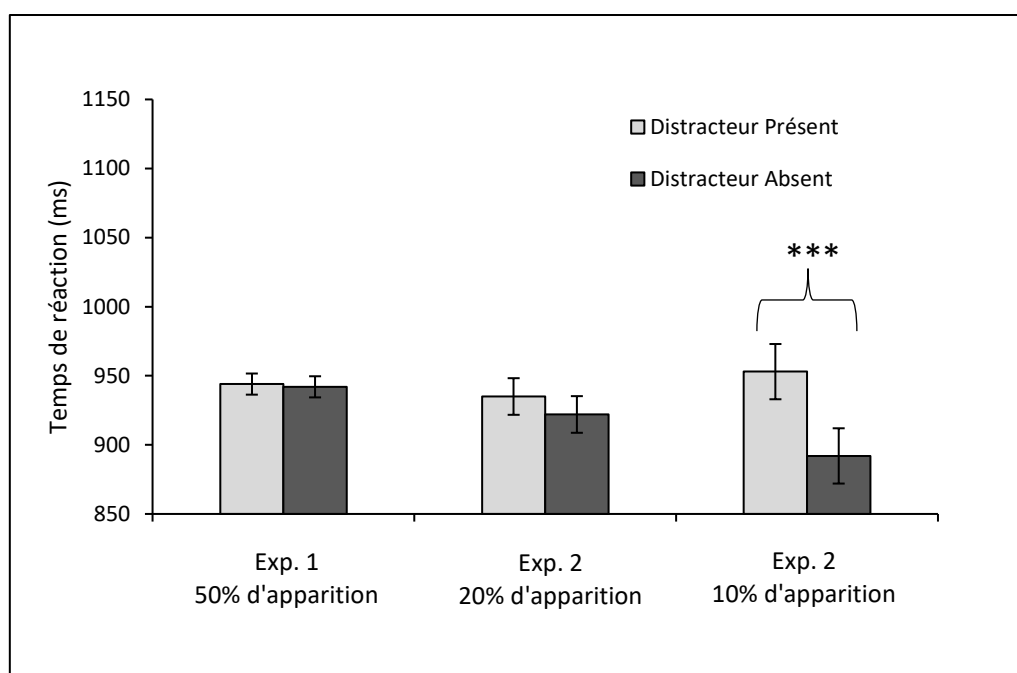


Figure 24. Temps de réaction moyens (exprimés en ms) en fonction de la présence du distracteur (présent vs absent) dans les expériences 1 et 2. Dans l'expérience 1, le distracteur GPS était présent dans 50% des essais. Dans l'expérience 2, le distracteur GPS était présent dans 20% des essais pour la moitié des sujets et dans 10% des essais pour l'autre moitié des sujets. Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance intra-sujets calculés à l'aide de la méthode de Cousineau-Morey (Cousineau, 2005 ; Morey, 2008). Les différences significatives sont représentées par un astérisque (*), avec *** pour $p < 0.001$.

	Distracteur GPS Présent				Distracteur GPS Absent	
	Couleur Rouge Pertinente		Coul. Verte Non-Pertinente		Gris / Éteint	
	TR	TE	TR	TE	TR	TE
Expérience 1						
50% Apparition Distracteur	943	3.82	946	5.14	942	3.97
Expérience 2						
20% Apparition Distracteur	946	1.33	924	3.17	922	2.52
10% Apparition Distracteur	961	1.00	945	2.00	892	1.69
Expérience 3						
Groupe Tâche Simple	932	1.94	912	3.89	907	2.92
Groupe Double-Tâche	1097	3.82	1087	4.44	1056	3.16

Note. TR = Temps de Réaction ; TE = Taux d'Erreurs.

Tableau 1. Temps de réaction moyens (en ms) et taux d'erreurs (en %) pour la présence du distracteur (présent vs absent) et pour la pertinence du distracteur (pertinent/rouge vs non-pertinent/vert), dans les expériences 1, 2 et 3.

3.2.3 Discussion de l'expérience 1

Dans cette première expérience, les participants recherchaient une cible de couleur positionnée sur une photographie de scène de conduite, tandis que des distracteurs colorés apparaissaient à une localisation non-pertinente (c.-à-d. dans la zone du GPS).

Aucun effet de capture n'est apparu, suggérant ainsi que les distracteurs saillants peuvent être facilement ignorés, y compris lorsqu'ils sont de la même couleur que la cible recherchée (c.-à-d. rouge, en condition « couleur pertinente »).

Etant donné qu'un grand nombre d'études ont mis en évidence des effets de capture attentionnelle contingente par des distracteurs de même couleur que la cible recherchée (c.-à-d. par distracteurs dits « pertinents »), l'interprétation la plus évidente de nos résultats est qu'il est plus facile d'ignorer des distracteurs lorsqu'ils apparaissent à des localisations non-pertinentes pour la tâche (c.-à-d. à des localisations où la cible n'apparaît jamais).

3.3 Expérience 2

3.3.1 Méthode de l'expérience 2

Principe de l'expérience

Dans l'expérience précédente (Expérience 1), nous n'avons pas observé d'effet de capture attentionnelle lorsque les distracteurs apparaissaient dans 50% des essais.

Dans cette nouvelle expérimentation, nous avons manipulé la fréquence d'apparition du distracteur (présent soit dans 10% des essais, soit dans 20%), dans le but de déterminer si la rareté du distracteur a pour effet d'augmenter la capture attentionnelle. Il est en effet envisageable de prédire que des distracteurs peu fréquents produisent plus facilement des effets de capture attentionnelle que des distracteurs fréquents, et ce dû à la faible prédisposition attentionnelle à ignorer les distracteurs apparaissant à des localisations non-pertinentes. Ainsi, des recherches menées précédemment par Forster et Lavie (2008b) ont mis en évidence des effets de capture attentionnelle plus importants lorsque les distracteurs apparaissaient peu fréquemment (dans 10% des essais) que lorsqu'ils apparaissaient plus souvent (dans 50% des essais) (voir aussi Folk et Remington, 2015 ; Horstmann, 2002 ; Johnston, Ruthruff, & Lien, 2015). Il est toutefois important de souligner qu'aucune de ces études n'utilisait des scènes réelles, et que d'autres recherches ont échoué à mettre en évidence des effets de capture dus à la rareté du distracteur (voir p. ex. Noosen, Lien, & Ruthruff, 2014). Il est pourtant essentiel d'éclaircir ce dernier point car les stimuli distracteurs saillants devraient apparaître plus rarement (moins fréquemment) dans les scènes réelles (c.-à-d. issues du monde réel) que dans les expérimentations en

laboratoire (où, la plupart du temps, ils apparaissent à intervalles réguliers de quelques secondes).

Participants

50 nouveaux sujets, âgés de 18 à 23 ans, dont la vision était normale ou corrigée et ne présentant pas de problèmes de perception des couleurs ont participé à l'expérience. Les participants ont été recrutés à l'Université de Franche-Comté.

Procédure

La procédure était identique à celle utilisée dans l'expérience 1, excepté le fait que la moitié des participants était affectée à la condition dans laquelle le distracteur apparaissait dans 20% des essais et que l'autre moitié des sujets était affectée à la condition où le distracteur apparaissait dans 10% des essais.

3.3.2 Résultats de l'expérience 2

Nous avons analysé les essais pour lesquels les temps de réaction étaient compris entre 100 ms et 2500 ms. De ce fait, 0.59% des essais ont été exclus des analyses.

De plus, les essais « avec erreur » à la tâche de recherche de cible (c.-à-d. les essais pour lesquels les sujets échouaient à la tâche de détection de cible) ont été exclus des analyses des temps de réaction (ce qui représentait 1.79% des essais totaux).

Analyse des temps de réaction

Une ANOVA a été conduite à partir des temps de réaction avec pour facteur intra-sujet la **présence du distracteur** (présent vs absent), et avec pour facteur inter-sujets la **fréquence du distracteur** (10% vs 20% de fréquence d'apparition).

La vitesse de recherche visuelle de la cible est comparable entre le groupe "20% de fréquence d'apparition du distracteur" ($M = 929$ ms) et le groupe "10% de fréquence d'apparition" ($M = 922$ ms), $F(1, 48) < 1$.

Cependant, contrairement à l'expérience 1, les participants répondent plus lentement lorsque le distracteur est présent ($M = 944$ ms) que lorsqu'il est absent ($M = 907$ ms), $F(1, 48) = 20.09$, $p < .001$ (η^2 partiel = .30). Cet effet principal de la présence du distracteur interagit avec la fréquence du distracteur, $F(1, 48) = 8.72$, $p < .01$ (η^2 partiel = .15). Le « coût de présence-absence » est bien plus important dans la condition "10% d'apparition du distracteur" (avec un coût de 61 ms) que dans la condition "20% d'apparition" (coût de 13 ms), $t(48) = 2.95$, $p < .01$ (voir la Figure 24). Des tests t complémentaires montrent que le « coût présence-absence » est significatif dans la condition "10% d'apparition", $t(24) = 4.46$, $p < .001$, mais pas dans la condition "20% d'apparition", $t(24) = 1.38$, $p = .18$.

Nous avons également effectué une ANOVA sur les temps de réaction avec pour facteur intra-sujet la **pertinence du distracteur** (couleur rouge pertinente vs couleur verte non-pertinente) et avec pour facteur inter-sujets la **fréquence du distracteur** (10% vs 20% de fréquence d'apparition).

Aucune différence significative dans les temps de réaction n'est observée entre les distracteurs « pertinents » ($M = 953$ ms) et les distracteurs « non-pertinents » ($M = 934$ ms), $F(1, 48) = 2.72$, $p = .106$ (η^2 partiel = .05). Cependant, bien que cet écart de 19 ms ne permette pas d'affirmer que la différence est significative, il serait pourtant

prématuré de conclure qu'il n'y a pas d'effet de pertinence. En effet, ce dernier pourrait être tout simplement plus difficile à détecter car de rares distracteurs laissent peu d'essais à analyser, mais aussi car les distracteurs verts capturent eux-aussi parfois l'attention de l'observateur.

Une tendance similaire a été observée dans l'expérience 3 présentée ci-après. Ni l'effet principal de la fréquence du distracteur, $F(1, 48) < 1$, ni l'interaction entre la pertinence du distracteur et la fréquence du distracteur, $F(1, 48) < 1$, ne sont significatifs.

Taux d'erreurs

Le pourcentage de réponses incorrectes ne diffère pas significativement entre la condition "10% d'apparition du distracteur" ($M = 1.59\%$) et la condition "20% d'apparition" ($M = 2.39\%$), $F(1, 48) = 2.00$, $p = .163$ (η^2 partiel = .04). Il ne diffère pas non plus entre les essais où le distracteur est présent ($M = 1.88\%$) et ceux où le distracteur est absent, ($M = 2.10\%$), $F(1, 48) < 1$. De plus, il n'y a pas d'interaction significative entre la présence du distracteur et la fréquence du distracteur, $F(1, 48) < 1$.

Enfin, les taux d'erreurs sont moins importants lorsque le distracteur est de la couleur rouge « pertinente » ($M = 1.17\%$) que lorsqu'il est dans la couleur verte « non-pertinente », ($M = 2.58\%$), $F(1, 48) = 5.47$, $p < .05$ (η^2 partiel = .10).

3.3.3 Discussion de l'expérience 2

La fréquence du distracteur (apparaissant dans 10% vs dans 20% des essais) influence la capture attentionnelle sur des photographies de scènes routières. En effet, les coûts de présence-absence sont près de cinq fois plus grands dans le groupe "10% d'apparition" (61 ms) que dans le groupe "20% d'apparition" (13 ms).

Il est intéressant de noter que le coût présence-absence observé dans le groupe "20% d'apparition" (13ms) est numériquement plus important que celui observé dans l'expérience 1 lorsque le GPS apparaissait dans 50% des essais (2 ms). Cependant, cette différence n'est pas statistiquement significative, $t(48) < 1$.

Une des explications possibles concernant l'influence de la fréquence d'apparition du distracteur sur la capture attentionnelle est que les participants peuvent s'habituer à la présence des distracteurs lorsqu'ils apparaissent dans au moins 20% des essais, mais pas lorsqu'ils apparaissent moins souvent.

Une autre possibilité est que la volonté attentionnelle de supprimer les distracteurs saillants qui apparaissent à une localisation particulièrement non-pertinente est affaiblie lorsque les distracteurs apparaissent très peu fréquemment (c.-à-d. dans 10% des essais), rendant ainsi moins efficace la suppression de l'effet de capture (voir p. ex. Gaspelin, Leonard & Luck, 2015 ; Sawaki & Luck, 2010).

De façon générale, ces observations nous amènent à penser que dans la vie quotidienne, ce sont les distracteurs qui apparaissent le moins souvent qui sont le plus susceptibles de capturer notre attention. Ainsi par exemple, lorsque nous conduisons, les essuie-glaces sont probablement bien moins susceptibles de nous distraire qu'un panneau d'affichage inhabituel et original.

3.4 Expérience 3

3.4.1 Méthode de l'expérience 3

Principe de l'expérience

Dans la vie quotidienne, les conducteurs effectuent souvent deux tâches simultanément, comme téléphoner tout en conduisant une voiture (pour des recherches portant sur les effets préjudiciables d'une conversation téléphonique sur la conduite, voir Strayer & Drews, 2006, 2007 ; Strayer, Drews & Johnston, 2003 ; Strayer & Johnston, 2001). Dans cette troisième expérience, nous avons voulu tester si le fait de détourner les ressources attentionnelles centrales d'un sujet vers une seconde source d'information va influencer les effets de capture attentionnelle par des distracteurs (pour des conclusions de recherches sur les effets de capture attentionnelle en situation de double-tâche à l'aide de champs de recherche *abstrait*s, voir Boot, Brockmole & Simons, 2005).

Pour ce faire, en plus de la tâche de recherche visuelle de cible (identique à celle utilisée dans l'expérience 1), les participants effectuaient simultanément une tâche auditive étroitement inspirée de celle de l'étude de Boot et *al.* (2005).

Cette tâche, qui consistait en bande sonore sur laquelle une voix lisait une suite de chiffres, devait être traitée par la moitié des sujets (qui devaient compter le nombre de répétitions séquentielles de chiffres), et devait être ignorée par l'autre moitié des participants. La fréquence d'apparition du distracteur était de 50%, comme dans l'expérience 1.

Participants

Un nouvel échantillon de 48 étudiants a été recruté à l'Université de Franche-Comté. Les participants, âgés de 18 à 24 ans, présentaient une vision normale ou corrigée et percevaient normalement les couleurs.

Matériel

Le matériel visuel était identique à celui utilisé dans l'expérience 1. Cependant, une bande sonore était ajoutée.

Le matériel auditif comprenait 60 enregistrements sonores sur lesquels une voix d'homme lisait une suite de 10 chiffres compris entre 1 et 9, à un rythme de deux chiffres par seconde pendant 5 secondes. La moitié des enregistrements comprenait deux répétitions séquentielles de chiffres (par exemple : 3, 4, 4, 5, 2, 8, 6, 6, 1, 9), et l'autre moitié comprenait trois répétitions (par exemple : 7, 5, 5, 4, 8, 8, 6, 6, 1, 9).

Équipement

L'équipement était identique à celui de l'expérience 1, excepté l'ajout d'un casque écouteur/audio.

Procédure

La procédure était identique à celle de l'expérience 1, exceptées les différences présentées ci-après.

Tous les participants entendaient les bandes sonores tout en effectuant la tâche visuelle de recherche de cible. Le début de chaque enregistrement sonore de 5 secondes (suite de chiffres) coïncidait avec le début de chaque essai visuel de 5 secondes (c.-à-d. par l'apparition de la croix de fixation centrale). Les participants étaient répartis au hasard entre le groupe en *tâche simple* et le groupe en *double-tâche*. Les sujets du groupe *tâche simple* étaient informés du fait que la bande sonore était non-pertinente et qu'elle devait être ignorée. Au contraire, il était demandé aux participants du groupe *double-tâche* de compter le nombre de répétitions séquentielles de chiffres entendues dans la bande sonore. Après la tâche de recherche de cible, les sujets indiquaient le nombre de répétitions entendues en appuyant sur la touche étiquetée correspondante "2", "3" ou "4" du clavier AZERTY de l'ordinateur. À noter qu'en réalité, il n'y avait que deux ou trois répétitions séquentielles par enregistrement sonore : la quatrième permettait de s'assurer que l'attention des sujets était maintenue sur la tâche auditive après qu'ils aient compté 3 répétitions.

3.4.2 Résultats de l'expérience 3

Nous avons analysé les essais pour lesquels les temps de réaction étaient compris entre 100 ms et 2500 ms. De ce fait, 1.55% des essais ont été exclus des analyses.

De plus, les essais « avec erreur » à la tâche de recherche de cible (c.-à-d. les essais pour lesquels les sujets échouaient à la tâche de détection de cible) ont été exclus

des analyses des temps de réaction (ce qui représentait 2.49% des essais dans le groupe *tâche simple* et 2.06% dans le groupe *double-tâche*). Dans le groupe *double-tâche*, les essais « avec erreur » à la tâche auditive ont été aussi exclus des analyses des temps de réaction (ce qui représentait 25.71% des essais)¹⁹.

La Figure 25 représente les temps de réaction en fonction de la présence du distracteur (présent vs absent) et du type de groupe attentionnel (groupe tâche simple vs groupe double-tâche) dans l'expérience 3.

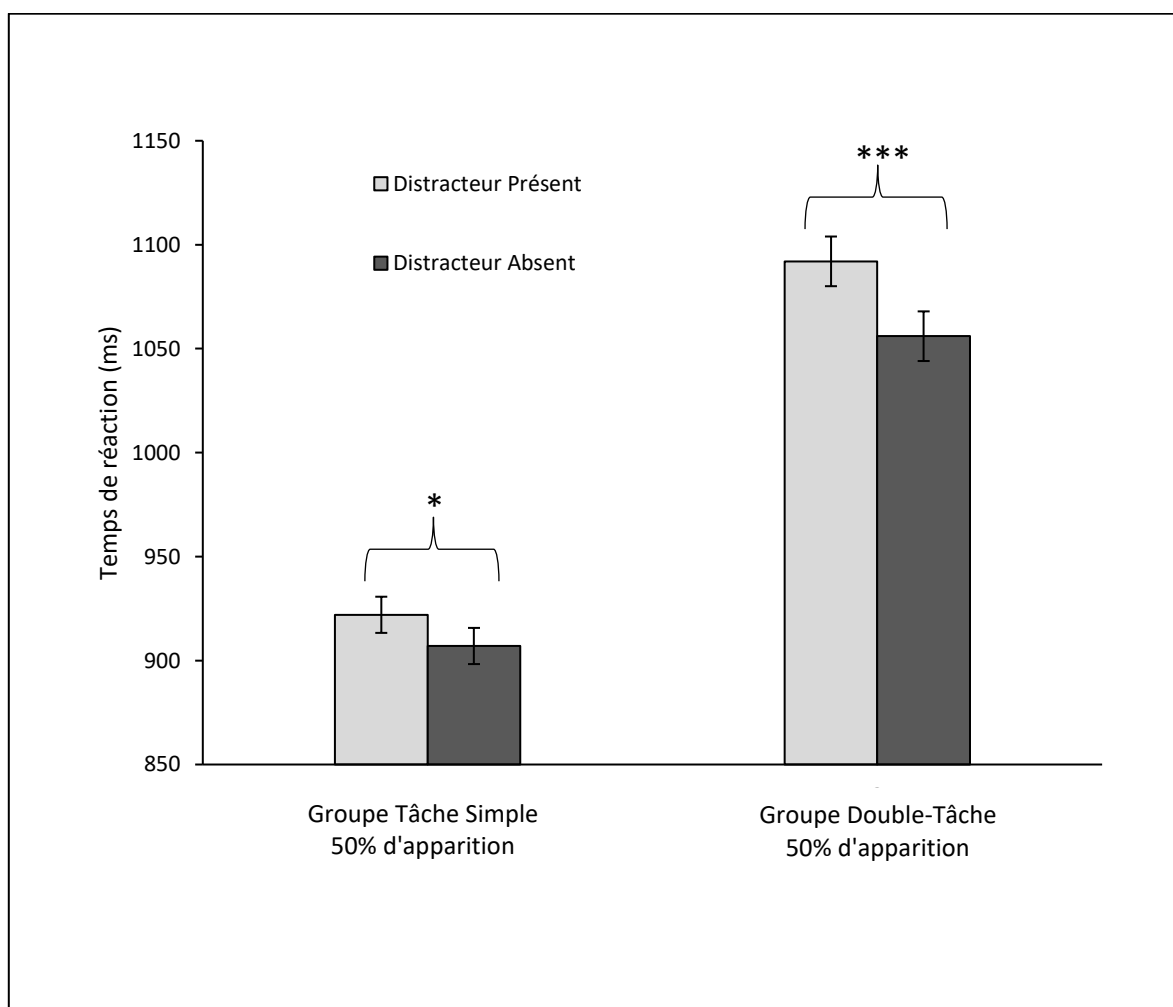


Figure 25. Temps de réaction moyens (en ms) en fonction de la présence du distracteur (présent vs absent) pour le groupe en *tâche simple* (c.-à-d. qui ignorait la bande sonore)

¹⁹ Noter que bien que 25.71% représente un pourcentage conséquent des essais, les analyses rapportées dans le texte excluent quand même ces erreurs pour des raisons de contrôle de qualité des données.

et le groupe en *double-tâche* (c.-à-d. qui effectuait les deux tâches, visuelle et auditive, simultanément). Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance intra-sujets calculés à l'aide de la méthode de Cousineau-Morey (Cousineau, 2005 ; Morey, 2008). Les différences significatives sont représentées par un astérisque (*), avec * pour $p < 0.05$ et *** pour $p < 0.001$.

Analyse des temps de réaction

Une ANOVA a été conduite à partir des temps de réaction avec pour facteur intra-sujet la **présence du distracteur** (présent vs absent), et avec pour facteur inter-sujets le **type de groupe attentionnel** (tâche simple vs double-tâche).

Les résultats montrent que les temps de réaction moyens sont plus longs de 163 ms pour le groupe double-tâche ($M = 1074$ ms) par rapport au groupe tâche simple ($M = 915$ ms), $F(1,46) = 19.64$, $p < .001$ (η^2 partiel = .30).

De plus, les participants répondent plus lentement lorsque le distracteur est présent ($M = 1007$ ms) que lorsqu'il est absent ($M = 982$ ms), $F(1, 46) = 24.65$, $p < .001$ (η^2 partiel = .35).

Enfin, l'effet principal du type de groupe attentionnel interagit avec la présence du distracteur, $F(1, 46) = 4.09$, $p < .05$ (η^2 partiel = .08).

Le coût de présence-absence est plus important dans le groupe double-tâche (coût de 36 ms) que dans le groupe tâche simple (coût de 15 ms), $t(46) = 2.02$, $p < .05$. A noter que le coût de présence-absence est significatif à la fois pour le groupe double-tâche, $t(23) = 4.35$, $p < .001$, et pour le groupe tâche simple, $t(23) = 2.47$, $p < .02$.

Nous avons également effectué une ANOVA avec pour facteur intra-sujet la **pertinence du distracteur** (couleur rouge pertinente vs couleur verte non-pertinente)

et pour facteur inter-sujets le **type de groupe attentionnel** (tâche simple vs double-tâche).

Les résultats révèlent que les temps de réaction sont en moyenne plus longs de 170 ms dans le groupe double-tâche ($M = 1092$ ms) par rapport au groupe tâche simple, ($M = 922$ ms), $F(1,46) = 22.25$, $p < .001$ (η^2 partiel = .33).

Les temps de réactions moyens ne dépendent significativement pas du fait que le distracteur soit de couleur rouge pertinente ($M = 1015$ ms) ou de couleur verte non-pertinente ($M = 1,000$ ms), $F(1, 46) = 2.33$, $p = .134$ (η^2 partiel = .05). Cet écart de 15 ms concernant la pertinence du distracteur n'est pas influencé par le type de groupe attentionnel, $F(1, 46) < 1$. Etant donné qu'une tendance similaire a été observée dans l'expérience 2, un effet significatif de la pertinence du distracteur serait probablement observé dans un échantillon de sujets plus important.

Dans tous les cas, les résultats révèlent très clairement au travers du coût présence-absence que les distracteurs capturent l'attention des participants (et ce même si ces effets de capture sont quasiment aussi marqués pour les distracteurs non-pertinents que pour les distracteurs pertinents).

Taux d'erreurs

Le pourcentage de réponses incorrectes ne diffère pas significativement entre le groupe double-tâche ($M = 3.65\%$) et le groupe tâche simple ($M = 2.78\%$), $F(1, 46) = 2.66$, $p = .110$ (η^2 partiel = .05).

Les participants montrent une tendance à commettre un peu plus d'erreurs lorsque le distracteur est présent ($M = 3.52\%$) que lorsqu'il est absent ($M = 2.90\%$), comme le révèle l'effet principal de la présence du distracteur marginalement significatif, $F(1, 46) = 3.67$, $p = .06$ (η^2 partiel = .07).

L'interaction entre la présence du distracteur et le type de groupe attentionnel n'est pas significative, $F(1, 46) = 1.13$, $p = .293$ (η^2 partiel = .02).

Enfin, les taux d'erreurs sont plus faibles lorsque le distracteur est de couleur pertinente (rouge) ($M = 2.88\%$) que lorsque le distracteur est de couleur non-pertinente (verte) ($M = 4.17\%$), $F(1, 46) = 9.18$, $p < .01$ (η^2 partiel = .17).

3.4.3 Discussion de l'expérience 3

Les résultats de l'expérience 3 démontrent que la tâche de recherche visuelle est généralement ralentie (de plus de 160 ms) par la tâche secondaire qui requiert des ressources centrales attentionnelles. Cette diminution des ressources centrales disponibles a aussi pour conséquence d'augmenter les effets de capture : le coût de présence-absence est seulement de 15 ms dans le groupe tâche simple mais est de 36 ms dans le groupe double-tâche.

Tout comme dans l'expérience 2, nous observons une tendance, bien que non significative, à un ralentissement des temps de réaction lorsque la cible et le distracteur sont de la même couleur, comparativement à lorsqu'ils sont de couleurs différentes (l'effet de pertinence est de 15 ms).

Comme nous l'évoquerons ci-après dans la Discussion Générale, une analyse groupée des expériences 2 et 3 révèlent un effet significatif de la pertinence du distracteur, ce qui confirme ainsi le rôle des mécanismes de type top-down dans la capture attentionnelle (sur le rôle prépondérant des mécanismes top-down dans la capture attentionnelle, voir Pashler, Johnston & Ruthruff, 2001).

De façon générale, les résultats de l'expérience 3 démontrent et confirment que la capture attentionnelle est possible dans des champs de recherches riches,

complexes, et ce même lorsque les distracteurs apparaissent à une localisation non-pertinente, c'est-à-dire où la cible n'apparaît jamais.

De plus, nos résultats confirment l'idée selon laquelle les stimuli saillants capturent plus facilement l'attention lorsque les ressources attentionnelles centrales sont amoindries (ici, dans le cas de situations de double-tâche). Nous supposons ainsi que de telles situations diminuent dans la mémoire de travail la capacité à maintenir la volonté (attentionnelle, *attentional goal*) de supprimer les distracteurs visuels (voir Engle, 2002).

3.5 Discussion générale de l'étude 2

Bien qu'une mauvaise répartition de l'attention visuelle puisse avoir des effets fortement délétères sur les situations de conduite (comme par exemple de tragiques accidents) (voir Singh, 2010), la capture de l'attention visuelle a jusqu'à présent été étudiée uniquement à partir de champs de recherche composés de stimuli très simples et créés artificiellement (tels que par exemple un ensemble de lettres ou de formes présentées en cercle sur un fond homogène). De même, les recherches menées précédemment portaient presque exclusivement sur des situations de tâches simples lors desquelles le distracteur apparaissait à chaque essai (ou presque). Partant de ces constats, il était essentiel d'étudier le phénomène de capture attentionnelle dans des situations bien plus proches de la réalité.

Notre étude 2 tentait donc de déterminer si la recherche d'une cible rouge dans une scène de conduite pouvait être compromise par des distracteurs visuels saillants. Pour ce faire, nous avons introduit dans les trois expériences des distracteurs visuels colorés (c.-à-d. un GPS dont l'écran pouvait être de couleur rouge ou verte).

Dans l'expérience 1, les distracteurs GPS apparaissaient dans 50% des essais (et ce, qu'ils soient ou non de la même couleur que la cible rouge recherchée). Le coût de présence-absence (2 ms) et le coût de la pertinence du distracteur (3 ms) sont tous deux négligeables, montrant ainsi que la capacité à éviter la capture par des distracteurs saillants est préservée dans des conditions favorables (c.-à-d. avec une fréquence élevée d'apparition du distracteur à 50%, avec une localisation constante du distracteur dans une zone non-pertinente pour la recherche de cible, et sans aucune tâche concurrente).

Dans l'expérience 2, nous avons manipulé la fréquence d'apparition du distracteur GPS : celui-ci pouvait apparaître dans 10% ou dans 20% des essais. Dès lors, la capture attentionnelle était cinq fois plus importante lorsque le distracteur apparaissait seulement dans 10% des essais (avec un coût de présence-absence de 61 ms) que lorsqu'il apparaissait dans 20% des essais (avec un coût de présence-absence de 13 ms).

Enfin, dans l'expérience 3, il était demandé aux participants de prendre en compte ou d'ignorer une bande sonore tout en effectuant la tâche principale de recherche visuelle de cible. Un coût présence-absence plus important (36 ms) apparaissait lorsque les ressources attentionnelles centrales étaient diminuées par le traitement de la tâche auditive (donc en situation de double-tâche), par rapport à la situation de tâche simple pour laquelle plus de ressources attentionnelles étaient disponibles (coût de présence-absence de 15 ms).

Examinés ensembles, les résultats de nos trois expériences suggèrent que les participants parviennent à éviter la capture attentionnelle par les distracteurs lorsque ces derniers se trouvent à une localisation non-pertinente (pour la recherche de cible), lorsqu'ils apparaissent relativement fréquemment (c.-à-d. dans au moins 20% des essais) et lorsque les ressources centrales sont totalement disponibles.

Ce n'est pas toutefois pas le cas des situations de la vie quotidienne, qui induisent au contraire des événements rares et des ressources centrales réduites, favorisant ainsi la survenue d'effets de capture attentionnelle. Les résultats de nos expériences 2 et 3 suggèrent ainsi que la capture attentionnelle est susceptible d'avoir lieu dans les situations de conduite automobile.

L'effet de la rareté (du distracteur) observé dans nos résultats concorde avec les observations faites précédemment (voir p. ex. Folk & Remington, 2015 ; Forster & Lavie, 2008a ; Müller et al., 2009 ; Neo & Chua, 2006 ; Noosen, Lien, & Ruthruff, 2014).

En effet, selon Müller et al. (2009), les participants sont capables d'ignorer un distracteur uniquement lorsque ce dernier apparaît fréquemment. Pour ces auteurs, ceci s'explique en partie par un **effet d'habituation** : « *the extent of distractor interference is dependent on two factors: (a) acquisition of a top-down suppression strategy during (initial) practice and (b) incentive to use such a suppression strategy.* » (Müller & al., 2009, p. 3). Dès lors, nous émettons l'hypothèse que la fréquence d'apparition des distracteurs dans 10% des essais a pour conséquence de diminuer considérablement l'activation de la **stratégie de suppression** (*suppression strategy*) dans la mémoire de travail, facilitant de ce fait la capture attentionnelle par le GPS distracteur (voir Gaspelin et al., 2015 ; Sawaki & Luck, 2010).

À noter cependant que bien que la réduction de la fréquence d'apparition d'un élément distracteur ait pour effet d'augmenter la capture par des éléments distracteurs non-pertinents, il semblerait que ce soit tout à fait le contraire dans le cas de stimuli « cibles » (voir p. ex. Wolfe, Horowitz, & Kenner, 2005). En effet, Johnston et al. (2015) ont, par exemple, fait état d'une diminution de la capture par des stimuli cibles (c.-à-d. recherchés) dans un champ de recherche périphérique représentant le trafic aérien, lorsque les stimuli cibles étaient rares et que les participants effectuaient une tâche centrale coûteuse d'un point de vue attentionnel.

L'effet de la réduction des ressources centrales

Nous avons vu que monitorer une bande sonore a pour effet de réduire la quantité de ressources cognitives disponibles, ce qui, par conséquent, favorise la capture attentionnelle par les distracteurs GPS (capture mise en évidence par le coût de présence-absence de 36 ms dans le groupe double-tâche de l'expérience 3). Nous supposons que cet effet est dû à un relâchement de la volonté attentionnelle/but attentionnel (*attentional goal*) dans la mémoire de travail. Ainsi, au lieu de maintenir leur attention à ignorer les distracteurs GPS, les participants focalisent leur attention sur la tâche auditive.

Lorsque nous conduisons un véhicule, la réduction des ressources centrales peut être causée par différentes activités, comme parler au téléphone ou suivre une émission à la radio. Dès lors, l'ensemble des stimuli présents dans notre champ visuel sont susceptibles de capturer notre attention, pas seulement ceux qui sont situés à des localisations pertinentes pour notre tâche de conduite.

L'effet de la pertinence du distracteur

Au début de notre travail, nous avons supposé que si un effet de capture attentionnelle apparaissait, il aurait lieu essentiellement lorsque le distracteur GPS était de la même couleur que la cible recherchée (c.-à-d. un *effet de capture contingente*, voir Folk et al., 1992). Cependant, nos résultats révèlent que cet effet de capture contingente est relativement faible. Nous avons observé deux tendances à cet effet, bien que non significatives, lorsque les distracteurs étaient peu fréquents (coût de 19 ms dans l'expérience 2) et lorsque les ressources centrales étaient diminuées (coût de 15 ms dans l'expérience 3).

Afin d'évaluer si ces tendances étaient avérées, nous avons combiné les données de l'expérience 2 ($n = 50$) et de l'expérience 3 ($n = 48$), testant ainsi notre hypothèse sur un échantillon beaucoup plus important (98 participants). Nous avons comparé les temps de réaction en effectuant un test t pour échantillons appariés. Cette analyse révèle un effet significatif de la pertinence du distracteur de 17 ms ; en effet, les temps de réaction sont plus longs lorsque le distracteur est de couleur pertinente (c.-à-d. de la même couleur que celle de la cible) ($M = 983$ ms) que lorsque le distracteur est de couleur non-pertinente (c.-à-d. d'une couleur différente de celle de la cible) ($M = 966$ ms), $t(97) = 2.27$, $p < .03$.

Par conséquent, nous concluons que les effets de capture attentionnelle observés dans les scènes de la vie réelle utilisées dans notre étude sont contingents avec les buts et les intentions de l'observateur, ce qui a été également observé dans les expériences menées jusqu'à présent à partir d'un matériel visuellement « simple » et abstrait (voir p. ex. Folk & Remington, 1998, 1999 ; Folk et al., 1992).

Il est toutefois important de noter que nous observons un effet de capture résiduel dans le cas où le GPS est d'une couleur différente de celle de la cible (c.-à-d. distracteur « non-pertinent » vert, cible rouge). Plus précisément, les coûts de présence-absence pour les distracteurs verts étaient significatifs dans l'expérience 2 (coût de 27 ms), $F(1, 48) = 6.78$, $p < .02$ (η^2 partiel = .12), ainsi que dans l'expérience 3 (coût de 18 ms), $F(1, 46) = 7.85$, $p < .001$ (η^2 partiel = .15). De ce fait, les effets de capture observés peuvent être induits aussi bien par la « saillance » du distracteur que par sa pertinence.

De plus, alors que les expériences 2 et 3 (analysées séparément) montrent une tendance à un effet de capture plus important lorsque les distracteurs sont d'une couleur similaire à celle de la cible (c.-à-d. rouge), que lorsqu'ils ont une couleur différente (c.-à-d. verte), les analyses des taux d'erreurs dans les deux expériences révèlent que les taux de réponses correctes sont plus élevés lorsque les distracteurs

sont de couleur similaire à la cible que lorsqu'ils sont de couleur différente. Nous pouvons dès lors nous interroger sur la (les) cause(s) des effets de capture attentionnelle lorsque les distracteurs sont de la même couleur que la cible (c.-à-d. rouge). Est-ce que l'effet de capture est uniquement dû aux similarités visuelles entre le distracteur et la cible (effet de pertinence du distracteur) ou bien est-ce que les temps de réaction sont également affectés (ralentis) par la nécessité de mieux se concentrer sur la tâche dans le but de faire moins d'erreurs possible lorsque le distracteur et la cible sont similaires ? De nouvelles recherches devront être menées afin d'éclaircir ce point.

Les résultats de cette recherche ont fait l'objet d'un article scientifique, publié dans une revue internationale à comité de lecture (voir l'article en Annexes) :

Arexis, M., Maquestiaux, F., Gaspelin, N., Ruthruff, E., & Didierjean, A. (2017). Attentional capture in driving displays. *British Journal of Psychology*, 108, 259-275.

4. Étude 3 – Mise en évidence d’effets de capture attentionnelle de nature sémantique

4.1 Objectifs de l’étude 3

Jusqu’à présent, la quasi-totalité des recherches portant sur la capture attentionnelle appréhendait ce phénomène d’un point de vue exclusivement basé sur les similitudes **physiques** entre la cible recherchée et le distracteur. Autrement dit, les effets de capture attentionnelle décrits jusqu’alors ont été mis en évidence à partir des caractéristiques physiques de la cible et du distracteur (et plus généralement, de l’ensemble des stimuli des champs de recherche), telles que la couleur, la forme, le mouvement et l’orientation.

Toutefois, une autre dimension majeure, et pourtant très peu étudiée, est susceptible de révéler des effets de capture attentionnelle : la dimension (ou caractéristique) **sémantique** (Ariga & Yokosawa, 2008 ; Folk, Berenato & Wyble, 2014, Wyble, Folk & Potter, 2013). En effet, l’on peut supposer que d’autres facteurs que la proximité/similitude physique visuelle sont susceptibles de provoquer un effet de capture attentionnelle. Dès lors, la capture attentionnelle serait déclenchée par la proximité sémantique entre la cible recherchée (le but de notre tâche) et l’élément distracteur (qui viendrait capturer notre attention).

Nous pouvons raisonnablement supposer que ce type de capture attentionnelle sémantique, qui interviendrait à un niveau de représentation mentale plus complexe et plus abstrait que le traitement des caractéristiques physiques des stimuli (Ariga & Yokosawa, 2008 ; Barnard et al., 2004), a couramment lieu dans notre vie quotidienne. Ainsi, un certain nombre de recherches ont par exemple mis en évidence que l’information sémantique à caractère émotionnel impacte profondément l’attention

visuelle (Barnard et al., 2004 ; Biggs et al., 2012 ; Preston & Stansfield, 2008 ; Weaver & Lauwereyns, 2011) (« *Emotion appears to have a substantial impact on a wide variety of attentional functions.* », Biggs et al., 2004, p. 2). De fait, les représentations sémantiques et nos connaissances (notre "savoir sémantique") influencent nos tâches quotidiennement, notamment lorsque nous traitons des informations qui nous sont familières (Biggs et al., 2012) ou lorsque nous traitons des « informations faciales » (autrement dit les visages, Devue, Belopolsky & Theeuwes, 2012 ; Preston & Stansfield, 2008 ; Weaver & Lauwereyns, 2011).

Un nombre très restreint d'études se sont penchées spécifiquement sur la question d'un possible effet de capture attentionnelle à un niveau de représentation sémantique. Les plus récentes (Ariga & Yokosawa, 2008 ; Folk, Berenato & Wyble, 2014 ; Wyble, Folk & Potter, 2013) font toutefois état d'apparitions d'effets de capture attentionnelle contingente dans des tâches non-spatiales RSVP (*Rapid Serial Visual Presentation tasks*).

Notre troisième et dernière étude de ce travail de thèse porte ainsi sur l'effet de capture attentionnelle contingente à un niveau de représentation sémantique. En effet, nous avons cherché à approfondir les conditions de survenue d'une capture attentionnelle contingente basée sur la proximité sémantique et conceptuelle entre la cible recherchée et les éléments distracteurs.

Pour ce faire, et à la différence des études antérieures qui utilisaient une tâche de type RSVP, nous avons construit une tâche dans laquelle les stimuli, et notamment la cible et le distracteur, apparaissaient dans le même champ de recherche (inspiré notamment de Biggs et al. 2012 et de Forster & Lavie, 2008b) (voir Figure 26). Les 70 participants devaient effectuer une tâche visuelle de recherche de cible en cherchant le plus rapidement possible dans le champ de recherche le mot cible appartenant à une catégorie sémantique (fruit ou légume) qui leur avait été précisée en début d'expérience. Apparaissait simultanément en périphérie du champ de recherche le

distracteur que les participants devaient ignorer. Celui-ci pouvait être une image (Expérience 1 et Expérience 1 "bis") ou un mot (Expérience 2). Le but de notre étude était d'observer si un distracteur (image ou mot selon l'expérience) de même catégorie sémantique que le mot cible recherché était susceptible de provoquer un effet de capture attentionnelle (effet contingent). Dans le cas où un tel effet de capture attentionnelle contingente apparaîtrait, nous chercherons à tester un éventuel effet de « proximité sémantique » entre les différentes catégories sémantiques. Ainsi par exemple, nous pouvons supposer qu'un distracteur appartenant à la catégorie sémantique « légume » est plus susceptible d'attirer l'attention d'un sujet qui recherche une cible de catégorie sémantique « fruit » qu'un distracteur appartenant à la catégorie sémantique « objet ».

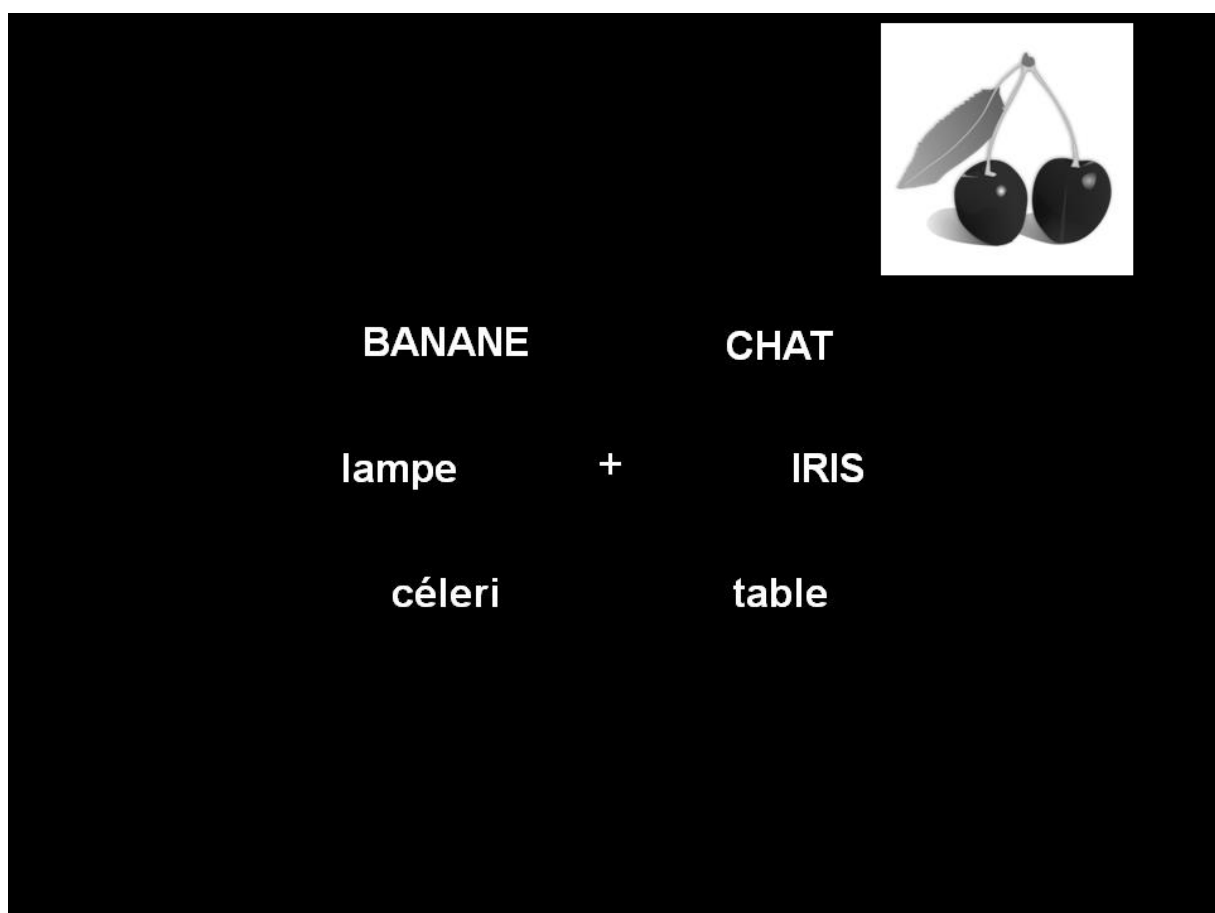


Figure 26. Exemple de champ de recherche utilisé dans l'étude 3. Le mot cible (ici « BANANE » correspondant au champ sémantique cible indiqué en début d'expérience

(ici champ sémantique « fruit ») est à rechercher parmi un ensemble de six mots disposés en cercle autour d'une croix centrale. Le distracteur, dans cet exemple une image (Expérience 1) de fruit apparaît aléatoirement en haut à gauche ou à droite en périphérie du champ de recherche. Le participant doit identifier le plus rapidement le mot cible appartenant au champ sémantique recherché (tout en ignorant le distracteur) et répondre en précisant sur la touche du clavier si le mot cible était écrit en lettres majuscules ou en lettres minuscules.

4.2 Méthode

Participants

70 participants étudiants, âgés de 18 à 23 ans, ont été recrutés à l'Université de Franche-Comté. Leur vision était normale ou corrigée et leur langue maternelle était le français.

Equipement

L'expérience a été programmée et s'est déroulée sur le logiciel E-Prime 2. Les stimuli étaient présentés sur un écran d'ordinateur de 15 pouces (38,10 cm) placé à une distance de 50 cm des sujets. Le matériel était installé dans une pièce faiblement éclairée, de façon que les participants perçoivent parfaitement les stimuli sur l'écran d'ordinateur.

Stimuli et conception

Dans l'expérience 1 ("Expérience avec distracteur image"), 120 champs de recherche (*displays*) ont été créés. Au milieu du champ de recherche, six mots, écrits en lettres majuscules ou minuscules (en police d'écriture sans empattement), étaient disposés en cercle (d'un rayon de 3.82 degrés d'angle visuel) autour d'une croix centrale. En périphérie du champ de recherche, apparaissait aléatoirement en haut à gauche ou en haut à droite une image (distracteur) (voir Figure 26).

Dans l'expérience 1 "bis" ("Expérience avec distracteur image à une seule localisation"), les stimuli étaient identiques, exceptée la localisation des images distracteurs qui apparaissaient uniquement en haut à droite de l'écran.

Les images (distracteurs), de 5.06 degrés d'angles visuels horizontal et vertical, étaient en noir en blanc (afin d'éviter tout effet lié à la couleur) et appartenaient à 5 catégories sémantiques (proches de celles utilisées par Wickens, Dalezman & Eggemeier, 1976) : « fruit », « légume », « fleur », « animal » et « objet »²⁰. Chaque catégorie sémantique comprenait 10 images.

Les mots situés dans le cercle de recherche comprenaient entre 4 et 6 lettres. Ils appartenaient aux mêmes catégories sémantiques que les distracteurs images : « fruit », « légume », « fleur », « animal » et « objet ». Chaque catégorie comprenait 10 mots.

Chaque mot apparaissait aléatoirement à chacune des 6 localisations possibles sur le cercle de recherche. Les mots étaient inscrits en lettres majuscules ou en lettres minuscules et il y avait toujours 3 mots en lettres majuscules et 3 mots en lettres minuscules dans le cercle de recherche.

Les **mots cibles** appartenaient aux **catégories cibles** « fruit » ou « légume » (il y avait 10 mots cibles par catégorie cible). Ainsi, pour la catégorie « fruit », il y avait : 10 mots cibles x 6 localisations = 60 essais. Il en était de même pour la catégorie cible « légume », d'où un total de 120 champs de recherche (voir Figure 27).

Dans l'expérience 2, les stimuli utilisés étaient identiques à ceux de l'expérience 1. Toutefois, les stimuli distracteurs présentés en périphérie du champ de recherche

²⁰ Les images utilisées étaient libres de droit.

n'étaient pas des images mais des mots (écrits en lettres minuscules). Ces derniers appartenaient également aux 5 catégories sémantiques citées précédemment (« fruit », « légume », « fleur », « animal » et « objet »).

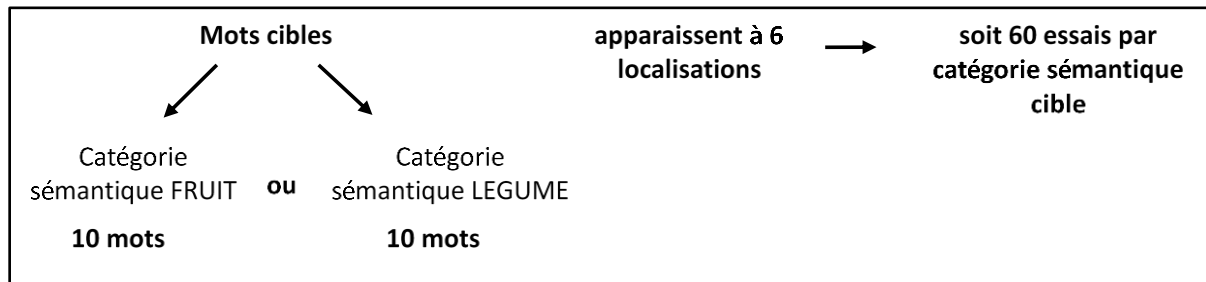


Figure 27. Répartition des mots cibles dans les expériences 1, 1 "bis" et 2.

Procédure

Chaque participant était affecté à une seule expérience et recherchait une seule catégorie sémantique de cible. 26 sujets ont passé l'expérience 1 (distracteur image) : 12 recherchaient un mot cible appartenant à la catégorie sémantique « fruit » et 14 recherchaient un mot cible appartenant à la catégorie sémantique « légume ». 22 sujets ont passé l'expérience 1 "bis" (distracteur image à une seule localisation) : 11 recherchaient un mot cible appartenant à la catégorie sémantique « fruit » et 11 recherchaient un mot cible appartenant à la catégorie sémantique « légume ». 22 sujets ont passé l'expérience 2 (distracteur mot). 11 recherchaient un mot cible « fruit » et 11 un mot cible « légume » (voir Figure 28). Chaque sujet effectuait 60 essais. Le temps moyen de passation par sujet était d'environ 30 minutes (environ ¼ d'heure de passation effective et ¼ d'heure d'installation, de consigne et d'information).

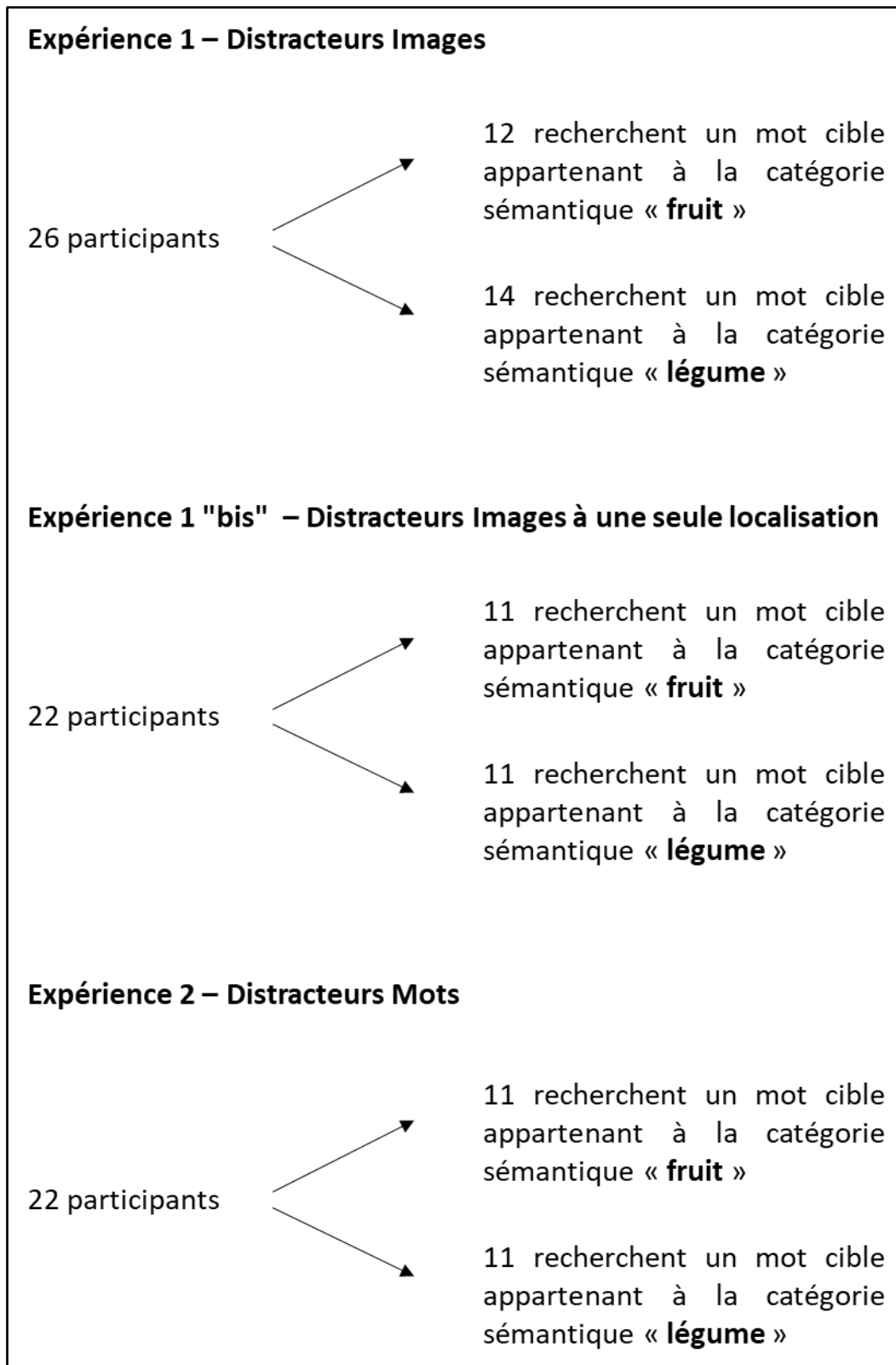


Figure 28. Répartition des participants dans les expériences 1, 1 "bis" et 2.

Déroulement d'un essai :

Expériences 1 et 1 "bis"

Les instructions étaient affichées sur l'écran en début d'expérience. Celles-ci étaient les suivantes :

« Instructions – Vous allez devoir chercher le plus rapidement possible un nom de « fruit » (N.D.R. ou de « légume », selon les sujets) parmi un ensemble de mots disposés en cercle. Fixez bien la croix centrale avant chaque essai, puis dès lors que vous avez trouvé le mot appartenant à la catégorie « fruit » (N.D.R ou « légume », selon les sujets), précisez si celui-ci est écrit en lettres MAJUSCULES ou en lettres minuscules en appuyant sur la touche du clavier correspondante, M ou m. Vous devez faire le moins d'erreurs possible. Une image apparaîtra en haut à gauche ou à droite de l'écran (N.D.R en haut à droite dans la consigne de l'expérience 1 "bis"), vous devez toujours l'ignorer. Si besoin, n'hésitez pas à faire des pauses entre les essais. Appuyez sur la barre d'espace lorsque vous serez prêt à commencer l'expérience ».

Une fois les instructions lues, le participant devait effectuer 5 essais de familiarisation à la tâche. La croix centrale apparaissait alors seule pendant 1000 ms (*fixation display*) (voir Figure 29). Elle était suivie par le champ de recherche contenant le mot cible (*target display*), qui apparaissait à l'écran pendant 3000 ms. Le participant devait alors répondre en appuyant sur la touche étiquetée "M" (pour « majuscule », touche "d" du clavier AZERTY) ou "m" (pour « minuscule », touche "k" du clavier AZERTY). Lorsqu'une réponse était détectée, l'écran de recherche contenant le mot cible (*target display*) disparaissait. Si la réponse du sujet était correcte, le mot « correct » apparaissait ensuite sur un nouvel écran noir. Si la réponse était incorrecte, c'est le message « mauvaise réponse » qui était affiché. Enfin, si le sujet ne donnait pas de réponse dans le temps imparti (c.-à-d. 3000 ms, le temps d'affichage du *target display*),

le message « pas de réponse détectée » apparaissait à l'écran. Le participant devait ensuite presser la touche espace pour passer à l'essai suivant.

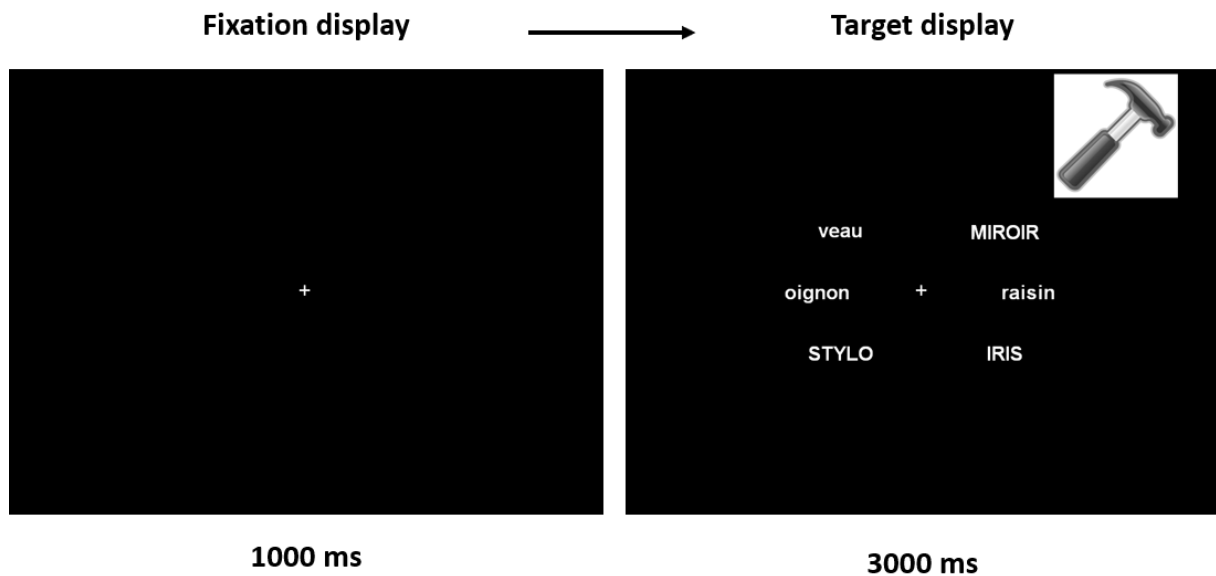


Figure 29. Déroulement d'un essai dans les Expériences 1 et 1 "bis". Dans un 1^{er} temps, apparaît l'écran de fixation (à gauche sur la figure) pendant 1000 ms. Il est suivi dans un 2^{ème} temps de l'écran de recherche de cible (à droite sur la figure), présenté pendant 3000 ms.

Expérience 2

Dans l'expérience 2, les instructions étaient identiques, hormis le type de distracteur à ignorer : il était ici précisé aux sujets qu'un mot isolé allait apparaître en haut à droite de l'écran et qu'ils devaient l'ignorer (« *Un mot isolé apparaîtra en haut à droite de votre écran, vous devez toujours l'ignorer* »).

4.3 Résultats

Pour les deux expériences, seuls les essais réussis par les sujets (réponse correcte à la détection de cible) ont été pris en compte dans l'analyse des résultats.

4.3.1 Résultats de l'expérience 1 (distracteurs images)

Le taux d'erreurs à la tâche de détection de cible dans l'expérience 1 était de 8,20 % (sur l'ensemble des catégories sémantiques cibles, fruits et légumes).

Nous avons, dans un premier temps, analysé les temps de réaction aux essais des deux *catégories sémantiques cibles* prises conjointement (fruits et légumes).

Nous avons ainsi effectué un test *t* pour échantillons appariés afin de comparer les temps de réaction lorsque la catégorie sémantique de la cible recherchée (que ce soit un fruit ou un légume) est **la même**, versus **différente** de celle du distracteur.

Les résultats révèlent que les temps de réaction diffèrent significativement selon que la catégorie sémantique de la cible recherchée est la même (condition « **même** ») ou est différente (condition « **différent** ») de la catégorie sémantique du distracteur. En effet, les participants sont en moyenne plus rapides pour détecter la cible dans le cas où les catégories sémantiques de la cible et du distracteur sont différentes ($M = 1692$ ms) que dans le cas où la cible et le distracteur sont de la même catégorie sémantique ($M = 1779$ ms), $t(26) = 2.66$, $p = 0.013$ (voir Figure 30).

L'analyse des taux d'erreurs révèle que les participants commettent moins d'erreurs à la tâche de détection de cible lorsque la cible et le distracteur appartiennent

à la même catégorie sémantique (condition « **même** » ; $M = 5,77\%$), que lorsqu'ils appartiennent à des catégories sémantiques différentes (condition « **différent** » ; $M = 8,69\%$), effet marginalement significatif, $t(26) = 1.92$, $p = .06$.

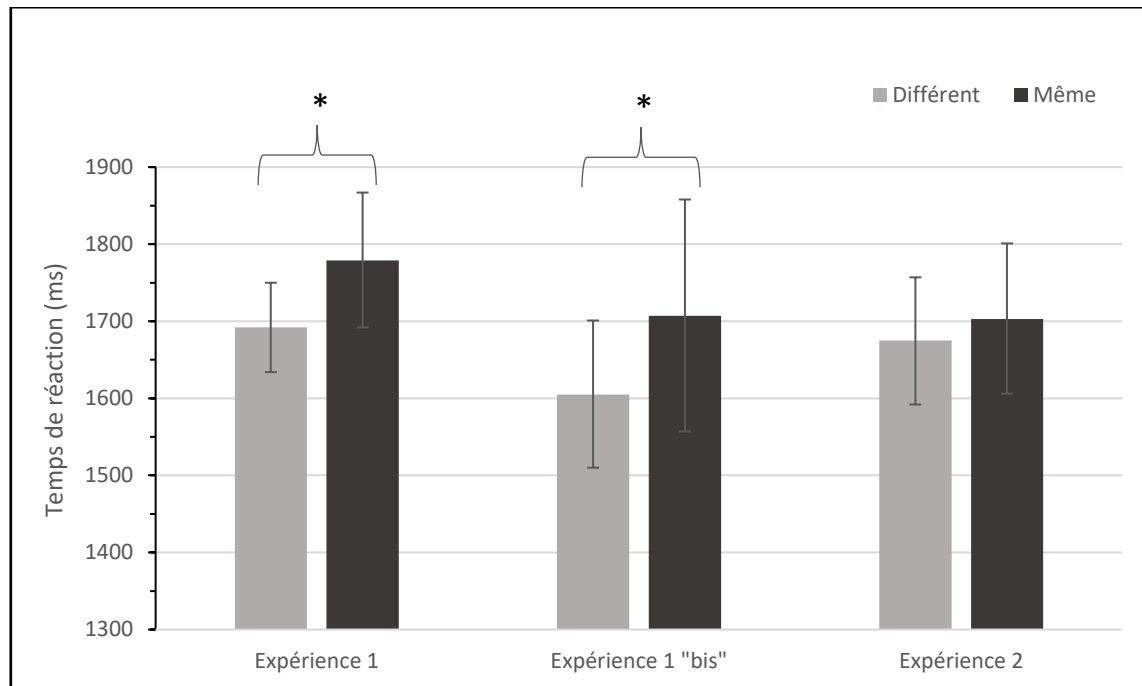


Figure 30. Temps de réaction moyens (en ms) dans les conditions « différent » (c.-à-d. lorsque les catégories sémantiques de la cible et du distracteur sont différentes) et « même » (c.-à-d. lorsque la cible et le distracteur sont de la même catégorie sémantique), **dans les expériences 1, 1 "bis", et 2**. Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%. Les différences significatives sont représentées par un astérisque (*), avec * pour $p < 0.05$.

Dans un second temps, nous avons analysé les temps de réaction aux essais dans chacune des *catégories sémantiques cibles* (fruit / légume).

Catégorie sémantique cible « fruit »

Nous avons effectué un test t pour échantillons appariés afin de comparer les temps de réaction lorsque la catégorie sémantique de la cible recherchée est **la même** (catégorie sémantique « fruit »), versus **différente** de celle du distracteur. Les résultats ne montrent aucune différence significative selon que la catégorie sémantique de la cible recherchée est la même (condition « **même** ») ($M = 1744$ ms) ou est différente (condition « **différent** ») ($M = 1663$ ms) de la catégorie sémantique du distracteur, $t(12) = 1.70$, $p = 0.12$.

Catégorie sémantique cible « légume »

Nous avons effectué un test t pour échantillons appariés afin de comparer les temps de réaction lorsque la catégorie sémantique de la cible recherchée est **la même** (catégorie sémantique « légume »), versus **différente** de celle du distracteur. Aucune différence significative n'apparaît selon que la catégorie sémantique de la cible recherchée est la même (condition « **même** ») ($M = 1809$ ms) ou est différente (condition « **différent** ») ($M = 1716$ ms) de la catégorie sémantique du distracteur, $t(14) = 1.98$, $p = 0.07$. Il est cependant important de noter que bien que la différence entre les temps de réaction des deux conditions ne soit pas significative, elle l'est toutefois tendanciellement, $p = 0.07$.

Cette tendance se vérifie lorsque l'on mène la même expérimentation, dans les mêmes conditions, excepté en ce qui concerne la localisation du distracteur. En effet, nous avons à nouveau mené l'expérience 1 (Expérience 1 "bis" sur 22 nouveaux participants) en faisant apparaître le distracteur (image) uniquement en haut à droite

de l'écran (et non plus aléatoirement en haut à gauche et en haut à droite de l'écran). En procédant ainsi, nous avons souhaité simplifier la tâche pour les sujets, qui devaient ignorer le distracteur. Nous avons en effet supposé qu'il est plus aisé d'ignorer le distracteur lorsqu'il apparaît à une seule localisation que lorsqu'il apparaît aléatoirement à deux positions différentes.

4.3.2 Résultats de l'expérience 1 "bis" (distracteurs images à une seule localisation)

Le pourcentage de réponses incorrectes à la tâche de détection de cible dans l'expérience 1 "bis" était de 10,60 % (sur l'ensemble des catégories sémantiques cibles, fruits et légumes).

De la même manière que dans l'expérience 1, lorsque nous analysons conjointement les temps de réaction aux essais des deux *catégories sémantiques cibles* (fruits et légumes) dans l'expérience **expérience 1 "bis"**, les résultats révèlent que les temps de réaction diffèrent significativement selon que la catégorie sémantique de la cible recherchée est la même (condition « même ») ou est différente (condition « différent ») de la catégorie sémantique du distracteur. En effet, les participants sont en moyenne plus rapides pour détecter la cible dans le cas où les catégories sémantiques de la cible et du distracteur sont différentes ($M = 1605$ ms) que dans le cas où la cible et le distracteur sont de la même catégorie sémantique ($M = 1707$ ms), $t(22) = 2.16$, $p = 0.04$ (voir Figure 30).

L'analyse des taux d'erreurs révèle que les participants commettent significativement moins d'erreurs à la tâche de détection de cible lorsque la cible et le

distracteur appartiennent à des catégories sémantiques différentes (condition « **différent** » ; $M = 9,91\%$), que lorsqu'ils appartiennent à la même catégorie sémantique (condition « **même** » ; $M = 14,09\%$), $t(22) = 2.17$, $p < .05$.

Nous avons ensuite analysé séparément chacune des catégories sémantiques cibles.

Pour la catégorie sémantique cible « légume » (menée sur 11 nouveaux participants), les résultats à cette **expérience 1 "bis"** révèlent une différence significative selon que la catégorie sémantique de la cible recherchée est la même (condition « même ») ou est différente (condition « différent ») de la catégorie sémantique du distracteur. En effet, les participants sont en moyenne plus rapides pour détecter la cible dans le cas où la catégorie sémantique de la cible (ici « légume ») et du distracteur sont différentes ($M = 1675$ ms) que dans le cas où la cible et le distracteur sont de la même catégorie sémantique (donc « légume ») ($M = 1889$ ms), $F(1, 10) = 11.34$, $p < .01$ (voir Figure 31).

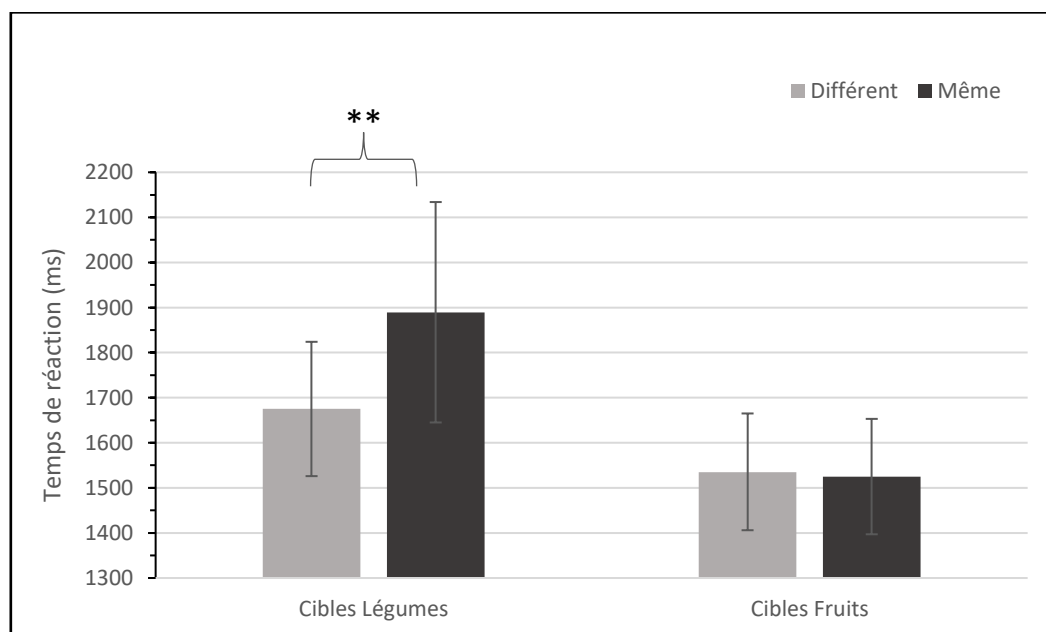


Figure 31. Temps de réaction moyens (en ms) dans les conditions « différent » (c.-à-d. lorsque les catégories sémantiques de la cible et du distracteur sont différentes) et

« même » (c.-à-d. lorsque la cible et le distracteur sont de la même catégorie sémantique), pour les deux catégories sémantiques cibles « Légume » et « Fruit » de **l'expérience 1 "bis" (distracteur image à une seule localisation)**. Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%. Les différences significatives sont représentées par un astérisque (*), avec ** pour $p < 0.01$.

De plus, nous avons mené une ANOVA afin de tester l'effet du type de distracteur (pour rappel, nous avons 5 catégories sémantiques de distracteurs : fruit, légume, fleur, animal et objet). Les résultats révèlent un effet significatif du type de distracteur sur les temps de réaction des participants, $F(4, 40) = 6.56$, $p < .01$. En effet, les participants ont des temps de réaction plus courts pour rechercher une cible de catégorie sémantique « légume » lorsque le distracteur image appartient à la catégorie sémantique « fruit » ($M = 1608$ ms), que lorsqu'il appartient à la catégorie « animal » ($M = 1632$ ms), mais aussi que lorsqu'il appartient à la catégorie « objet » ($M = 1658$), ainsi que « fleur » ($M = 1787$ ms) et enfin que la même catégorie sémantique « légume » ($M = 1889$ ms) (voir Figure 32).

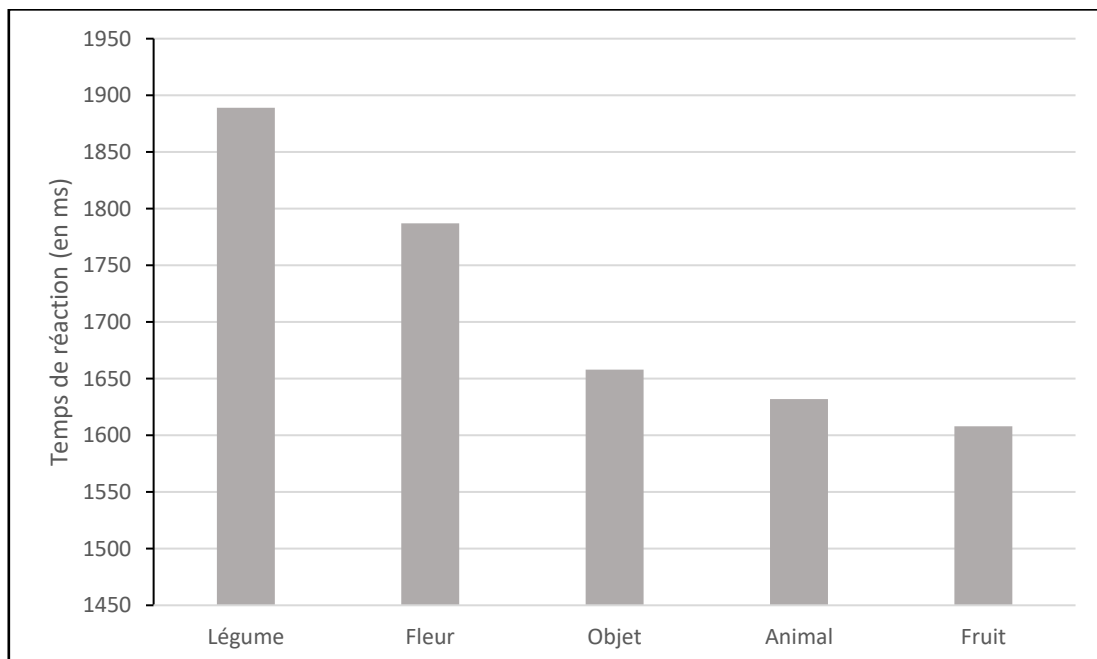


Figure 32. Temps de réaction moyens (en ms) des participants de **l'expérience 1 "bis"** recherchant une cible de catégorie sémantique cible « légume », en fonction du type

de distracteur (5 catégories sémantiques de distracteurs : légume, fleur, objet, animal et fruit).

Afin de tester la significativité de ces observations, nous avons mené un test post-hoc de Scheffé. Les différences de temps de réaction sont significatives entre les catégories sémantiques « fruit » et « légume » ($M = 1608$ ms et 1889 ms), entre les catégories « animal » et « légume » ($M = 1632$ ms et 1889 ms), entre les catégories « objet » et « légume » ($M = 1658$ ms et 1889 ms), mais ne le sont pas entre les catégories « fleur » et « légume » ($M = 1787$ ms et 1889 ms). Nous émettons l'hypothèse que la différence non significative entre les temps de réaction des catégories « fleur » et « légume » est due à une proximité sémantique importante entre ces deux catégories. Ainsi, par sa proximité sémantique avec la catégorie « légume », la catégorie « fleur » est fortement susceptible de capturer l'attention du participant qui recherche une cible « légume ».

Enfin, concernant la catégorie sémantique cible « fruit » (menée sur 11 nouveaux participants), tout comme dans l'expérience 1, les résultats à cette **expérience 1 "bis"** ne montrent pas de différence significative dans les temps de réaction selon que la catégorie sémantique de la cible recherchée est la même (condition « même ») ($M = 1525$ ms) ou est différente (condition « différent ») ($M = 1535$ ms) de la catégorie sémantique du distracteur, $F(1, 10) = .039$, $p = .85$ (voir Figure 31).

4.3.3 Résultats de l'expérience 2 (distracteurs mots)

Le pourcentage de réponses incorrectes à la tâche de détection de cible dans l'expérience 2 était de 9,17 % (sur l'ensemble des catégories sémantiques cibles, fruits et légumes).

Catégories sémantiques cibles « fruit » et « légume »

Lorsque nous analysons conjointement les temps de réaction aux essais des deux *catégories sémantiques cibles* (fruits et légumes), les résultats ne révèlent pas de différence significative selon que la catégorie sémantique de la cible recherchée est la même que celle du mot distracteur (condition « **même** ») ($M = 1703$ ms) ou est différente (condition « **différent** ») ($M = 1675$ ms), $t(22) = 0.77$, $p = 0.45$ (voir Figure 30).

L'analyse des taux d'erreurs ne révèle pas de différence significative entre les pourcentages de mauvaises réponses à la tâche de détection de cible selon que la cible et le distracteur appartiennent à la même catégorie sémantique ($M = 9,09$ %) ou selon qu'ils appartiennent à des catégories sémantiques différentes ($M = 9,18$ %), $t(22) = 0.06$, $p = 0.95$.

Catégorie sémantique cible « fruit »

Nous avons effectué un test t pour échantillons appariés afin de comparer les temps de réaction lorsque la catégorie sémantique de la cible recherchée est **la même** (catégorie sémantique « fruit »), versus **différente** de celle du distracteur. Les résultats ne montrent aucune différence significative selon que la catégorie sémantique de la cible recherchée est la même (condition « **même** ») ($M = 1660$ ms) ou est différente (condition « **différent** ») ($M = 1636$ ms) de la catégorie sémantique du distracteur, $t(11) = 0.45$, $p = 0.65$.

Catégorie sémantique cible « légume »

De la même manière, nous avons effectué un test t pour échantillons appariés afin de comparer les temps de réaction lorsque la catégorie sémantique de la cible recherchée est **la même** (catégorie sémantique « légume »), versus **différente** de celle du distracteur. Les résultats ne montrent aucune différence significative selon que la catégorie sémantique de la cible recherchée est la même (condition « **même** ») ($M = 1747$ ms) ou est différente (condition « **différent** ») ($M = 1713$ ms) de la catégorie sémantique du distracteur, $t(11) = 0.60$, $p = 0.56$.

4.4 Discussion

Dans cette troisième et dernière étude, nous nous sommes intéressés à une toute nouvelle caractéristique de la cible et du distracteur, susceptible de produire un effet de capture attentionnelle : la dimension sémantique des items. En effet, cette propriété des stimuli, très peu étudiée jusqu'ici, est susceptible de déclencher un effet de capture attentionnelle contingente dès lors que l'élément distracteur est de la même catégorie sémantique que la cible recherchée (Ariga & Yokosawa, 2008).

Afin de tester cette hypothèse, nous avons mené deux types d'expériences de recherche spatiale : l'une où l'élément distracteur à ignorer était une image (Expérience 1 et Expérience 1 "bis") et l'autre où le distracteur était un mot (Expérience 2).

Dans l'expérience 1, dans laquelle l'image distracteur apparaissait à l'une des deux localisations possibles en périphérie du champ de recherche du mot cible, nous avons observé un effet de capture attentionnelle contingente lorsque la cible recherchée et le distracteur appartenaient à la même catégorie sémantique. Plus précisément, cet effet est apparu lorsque la cible et le distracteur appartenaient à la catégorie sémantique « légume », et aux catégories « fruit » et « légume » analysées conjointement (à noter cependant que l'effet de capture contingente n'était pas significatif pour la catégorie sémantique « fruit » analysée séparément). Ainsi, les participants étaient significativement plus lents pour détecter la cible en présence d'un distracteur de la même catégorie sémantique que cette dernière, qu'en présence d'un distracteur appartenant à une catégorie sémantique différente, signe de capture attentionnelle par le distracteur.

Dans l'expérience 1 "bis", identique à l'expérience 1 excepté le fait que l'image distracteur apparaissait à une seule localisation possible (mais toujours située en périphérie du champ de recherche de cible), le même effet de capture attentionnelle

sémantique contingente a été observé dans les mêmes conditions, c'est-à-dire lorsque la cible et le distracteur appartenaient tous deux à la catégorie sémantique « légume » et lorsque les catégories « légume » et « fruit » étaient analysées conjointement.

Ainsi, les résultats de notre étude mettent **clairement en évidence un effet de capture attentionnelle spatiale et contingente de nature sémantique** (par des distracteurs-images).

Nous avons également testé, et observé un **effet de proximité sémantique** dans cette expérience 1 "bis" : en effet, sur les 5 catégories sémantiques possibles auxquelles appartenaient les distracteurs (pour rappel les catégories « légume », « fruit », « fleur », « objet » et « animal »), seul le temps moyen de réaction dans la catégorie « fleur » ne différait pas significativement de celui de la catégorie « légume ». De ce fait, la catégorie sémantique « fleur » était susceptible de produire un effet de capture du fait de sa proximité sémantique (révélée dans les résultats) avec la catégorie « légume ».

Ces résultats ne s'observent que lorsque le distracteur est une image. En effet, dans l'expérience 2, dans laquelle les distracteurs étaient des mots (appartenant aux 5 mêmes catégories sémantiques et apparaissant également en périphérie du champ de recherche), aucun effet de capture attentionnelle par les distracteurs n'a été observé. De toute évidence, le coût cognitif supplémentaire nécessaire au traitement des distracteurs mots (c.-à-d. à la lecture et à la détermination de la nature sémantique) rend ces derniers plus faciles à ignorer que les images (et par conséquent les distracteurs mots ne produisent pas d'effet de capture).

En résumé, les résultats de cette étude montrent que l'effet de capture attentionnelle contingente apparaît aussi dans le cas où la relation entre la cible et le

distracteur est de nature sémantique (c'est-à-dire lorsque la cible et le distracteur sont de la même catégorie sémantique ou lorsqu'ils appartiennent à deux catégories proches d'un point de vue sémantique). Ainsi, à l'instar des caractéristiques physiques des stimuli, la dimension sémantique influence également l'attention visuelle et donc la capture attentionnelle. Notre « savoir sémantique », les connaissances que nous avons sur les choses (*semantic knowledge*, Biggs et al., 2012) influencent au quotidien les mouvements attentionnels et donc les effets de capture attentionnelle.

5. Discussion générale

Les trois études que nous avons présentées dans cet ouvrage ont pour objectif commun de tester les conditions d'apparition du phénomène de capture attentionnelle dans des situations s'approchant de celles du monde réel.

Les résultats de notre première étude – recherche qui reprenait dans la première expérience le *paradigme modifié de la pré-signalisation* (Folk & Remington, 1998) auquel nous avons adjoint une tâche auditive concurrente dans les deux expériences suivantes – ont montré que dans les trois conditions expérimentales (« tâche simple », « tâche avec son » et « double-tâche »), le distracteur, pourtant non-pertinent à la tâche de détection de cible, capture l'attention des participants. Cet effet de capture attentionnelle est exclusivement *contingent*, c'est-à-dire que, par exemple, les participants sont plus rapides pour détecter la cible rouge lorsque cette dernière est précédée à la même localisation d'un distracteur rouge, que lorsque cible et distracteur rouges apparaissent à des localisations différentes dans le champ de recherche. Cette réplique de l'*effet de capture attentionnelle contingente*, décrit par Folk et Remington (1998 : Folk, Remington & Johnston, 1992), s'observe donc dans nos trois types de tâches pour la couleur rouge (c.-à-d. lorsque la cible et le distracteur sont rouges), et uniquement en condition de « double-tâche » lorsque la cible et le distracteur sont de couleur verte.

Il est très probable qu'en présence d'une tâche de détection de cible particulièrement complexe et qui, par conséquent, augmente la charge cognitive des participants (dans notre cas en condition de « tâche avec son » et surtout de « double-tâche »), les sujets adoptent une stratégie de recherche particulière en portant prioritairement leur attention sur les stimuli distinctifs/uniques (ici, de couleur) (Boot,

Brockmole & Simons, 2005 ; Todd & Kramer, 1994). Cette stratégie pourrait expliquer pourquoi, en condition de double-tâche, l'effet de capture attentionnelle contingente apparaît aussi pour la couleur verte.

En résumé, les résultats obtenus aux trois expériences de notre première étude vont pleinement dans le sens de l'*hypothèse de l'orientation involontaire contingente* développée par Folk et Remington (1992) et donc d'une capture attentionnelle directement influencée par nos pré-réglages attentionnels (*attentional set*), de manière top-down. L'augmentation de la charge cognitive (ou la diminution des ressources attentionnelles) en condition de double-tâche, qui est une situation très fréquente dans la vie quotidienne, ne modifie vraisemblablement pas les mouvements top-down dans la capture attentionnelle. Au contraire, par la stratégie de recherche de cible évoquée précédemment (recherche en portant prioritairement l'attention sur les stimuli distinctifs), cela pourrait même avoir pour effet de les renforcer.

Notre deuxième étude visait à étudier le phénomène de capture attentionnelle en utilisant un matériel visuellement complexe et directement issu du monde réel, c'est-à-dire des photographies de scènes routières (Arexis et al., 2017). Nous avons également fait varier la fréquence d'apparition du distracteur sur l'écran (présent dans 50%, 20% ou 10% des essais selon les expériences). De plus, le distracteur non-pertinent à la recherche de cible (pour rappel, un GPS) apparaissait toujours en périphérie du champ de recherche et toujours à la même localisation. Les résultats de cette deuxième étude ont montré que lorsque les distracteurs apparaissent dans 50% des essais, les participants parviennent facilement à les ignorer (aucun effet de capture attentionnelle par les distracteurs n'a lieu), ce qui n'est pas le cas lorsque les distracteurs apparaissent plus rarement (dans 10% ou dans 20% des essais) : la capture attentionnelle dans la condition d'apparition de 10% était même cinq fois plus importante que dans la condition de 20%.

Cet *effet de la rareté du distracteur* fait écho aux observations faites dans plusieurs recherches (voir p. ex. Folk & Remington, 2015 ; Forster & Lavie, 2008a ; Müller et al., 2009 ; Neo & Chua, 2006 ; Noosen, Lien, & Ruthruff, 2014). Quant à la capacité à ignorer un distracteur présent fréquemment dans le champ de recherche (50% dans le cas de notre étude), cela peut s'expliquer par un *effet d'habituation* (Müller & al., 2009). En effet, selon Müller et al. (2009), la capacité d'interférence d'un distracteur dépend de deux facteurs : dans un premier temps, de l'acquisition dès les premiers essais d'une *stratégie de suppression* de nature top-down et dans un second temps, de la capacité à utiliser cette stratégie de suppression. Dès lors, nous supposons qu'en situation où le distracteur n'apparaît que dans 10% des essais, la stratégie de suppression est difficilement activable dans la mémoire de travail, ce qui a pour conséquence de favoriser un effet de capture attentionnelle par le distracteur (voir Gaspelin et al., 2015 ; Sawaki & Luck, 2010).

Dans la troisième expérience de cette deuxième étude, une bande sonore était ajoutée. La moitié des participants avait pour consigne de l'ignorer et l'autre moitié devait la traiter en même temps que la tâche principale (situation de double-tâche). Les résultats de cette expérience ont montré qu'en effectuant un traitement de la tâche auditive (groupe en double-tâche), la quantité des ressources attentionnelles centrales disponibles diminue, ce qui favorise par conséquent une capture attentionnelle par les distracteurs saillants. De ce fait, nous supposons que le traitement de la tâche auditive induit un relâchement de la volonté attentionnelle (*attentional goal*) en mémoire de travail de supprimer les distracteurs visuels, c'est-à-dire qu'en focalisant leur attention sur la tâche auditive, les participants ne parviennent plus à ignorer les distracteurs présents dans leur champ visuel.

Enfin, il est important de souligner que les effets de capture attentionnelle observés dans cette deuxième étude utilisant un matériel complexe et extrait du monde réel sont principalement *contingents*. Quelques effets résiduels de capture non contingente ont toutefois été observés dans les expériences 2 et 3, en situation de

ressources centrales réduites, ce qui révèle que la *saillance* des distracteurs aussi est susceptible de produire des effets de capture dans ces conditions.

La troisième étude présentée dans cet ouvrage portait sur une nouvelle propriété des distracteurs, très peu étudiée jusqu'alors mais pourtant susceptible de produire un effet de capture dans la vie quotidienne : la dimension sémantique. Les résultats de cette étude ont révélé une capture attentionnelle *spatiale* et *contingente* de nature *sémantique*. En effet, lorsque les distracteurs (pour rappel, des images qui apparaissaient en périphérie du champ de recherche de la cible dans les expériences 1 et 1 "bis") appartenaient à la même catégorie sémantique que la cible recherchée, un effet de capture attentionnelle par les distracteurs avait lieu. À noter qu'aucun effet de capture n'a été mis en évidence dans notre étude lorsque le distracteur était un mot (expérience 2).

Il est intéressant de souligner que nous avons également observé un *effet de proximité sémantique* dans l'expérience 1 "bis". En effet, un distracteur appartenant à un champ sémantique considéré par les participants comme étant proche de celui de la cible recherchée peut capturer l'attention des sujets.

Ainsi, les résultats de notre troisième étude ont mis en évidence une capture attentionnelle spatiale et contingente basée sur une nouvelle relation entre la cible et les distracteurs. En effet, de la même manière que les propriétés physiques, la nature sémantique des stimuli est susceptible d'influencer notre attention et plus particulièrement dans notre cas, notre capture attentionnelle.

Conclusion

L'objectif de ce travail de recherche doctorale était de tester le phénomène de capture attentionnelle dans des conditions proches de celles du monde réel. En effet, ce phénomène, qui a jusqu'alors été étudié essentiellement en laboratoire dans des conditions permettant une parfaite maîtrise des conditions et des stimuli de recherche, a très peu été investigué dans des conditions proches de celles que l'on expérimente au quotidien. Pourtant, l'intérêt de telles recherches est majeur. Il s'agit ici de comprendre, à terme, les mécanismes attentionnels régissant un grand nombre de nos actions quotidiennes (telles que, par exemple, la conduite automobile), et de façon générale, d'appréhender le fonctionnement de l'attention et de la recherche visuelle.

Afin d'étudier le phénomène de capture attentionnelle dans des conditions s'approchant de celles du monde réel, nous avons, dans les trois études relatées dans cette thèse, adopté trois approches.

Dans la première étude (étude 1), nous nous sommes intéressés aux effets de l'augmentation de la charge cognitive sur la capture attentionnelle. Nous avons pour cela expérimenté en condition de double-tâche, situation dans laquelle nous nous trouvons fréquemment dans notre vie quotidienne (p. ex. lorsque nous conduisons tout en menant une conversation animée avec un passager).

Dans notre deuxième étude (étude 2), nous avons utilisé un matériel extrait du monde réel, c'est-à-dire des photographies de scènes de conduite automobile. Jusqu'alors, l'immense majorité des stimuli utilisés dans les recherches portant sur la capture attentionnelle étaient des formes géométriques visuellement simples et peu

nombreuses dans le champ de recherche. Les photographies au contraire, en tant que matériel visuellement plus complexe et extrait du monde réel, permettent une expérimentation proche des conditions réelles et par conséquent une appréhension affinée du phénomène de capture attentionnelle.

De plus, dans cette même étude, nous avons testé l'effet de la fréquence d'apparition du distracteur sur la capture attentionnelle, et notamment l'effet de la rareté d'apparition du distracteur. En effet dans notre vie de tous les jours, les éléments susceptibles de nous distraire de notre tâche en cours sont moins prévisibles et moins systématiques que ceux testés généralement en laboratoire (qui apparaissent la plupart du temps à chaque essai), et cela impacte vraisemblablement les conditions d'apparition d'un effet de capture.

Enfin, dans notre troisième et dernière étude (étude 3), nous avons testé une nouvelle caractéristique des stimuli, susceptible d'influencer la capture attentionnelle dans notre vie quotidienne : la propriété sémantique des stimuli. En effet, de la même façon que les caractéristiques physiques des stimuli de notre environnement influencent notre attention, le savoir sémantique dont l'on dispose sur ces stimuli est également susceptible d'influencer les mouvements attentionnels (et plus précisément, de produire un effet de capture attentionnelle).

Un des résultats majeurs, commun à nos trois études et particulièrement marquant, est que le phénomène de capture attentionnelle *contingente* est un effet particulièrement robuste et fréquent dans les conditions proches de celles du monde réel.

En effet, cet effet de capture contingente apparaît dans l'ensemble des situations testées, que ce soit dans le cas où **la charge cognitive des participants est fortement augmentée** (c.-à-d. en situation de double-tâche, cf. étude 1 et étude 2),

dans le cas où **les éléments distracteurs apparaissent rarement et en périphérie d'un champ de recherche visuellement très complexe** (c.-à-d. dans des photographies de scènes de conduite automobile, cf. étude 2) et dans le cas où **les éléments distracteurs appartiennent à la même catégorie sémantique (ou à une catégorie sémantique proche) que la cible recherchée** (cf. étude 3).

Ainsi, dans l'ensemble de ces conditions expérimentales proches de celles du monde réel, l'*hypothèse de l'orientation involontaire contingente* décrite par Folk, Remington et Johnston (1992) est vérifiée, et semble régir les phénomènes de capture attentionnelle. Par conséquent, les mécanismes attentionnels observés dans nos travaux seraient principalement guidés par l'*attentional set* (ou « pré-réglage attentionnel ») de façon *top-down* (ou « descendante ») et endogène.

Il est toutefois nécessaire de souligner que des effets résiduels de capture attentionnelle *non-contingente* (donc seulement provoqués par la *saillance* des stimuli distracteurs, de manière *bottom-up*) sont également apparus dans nos résultats (cf. étude 2, expériences 2 et 3). Ainsi, la rareté d'apparition d'un distracteur (c.-à-d. apparaissant dans 10% des essais) ainsi que des ressources attentionnelles centrales amoindries (situation de double-tâche) sont deux conditions susceptibles de provoquer des effets de capture attentionnelle non contingente par des stimuli visuels saillants.

Une explication possible à la présence de ces effets résiduels est que la volonté attentionnelle de supprimer les distracteurs saillants qui apparaissent à une localisation non-pertinente est affaiblie lorsque les distracteurs apparaissent très rarement (c.-à-d. dans 10% des essais) (étude 2, expérience 2), rendant par conséquent moins efficace la suppression de l'effet de capture (à propos de l'*hypothèse de suppression du signal*, voir Gaspelin, Leonard & Luck, 2015 ; Sawaki & Luck, 2010).

Quant à l'apparition d'effets de capture non-contingents en situation de double-tâche (étude 2, expérience 3), il est probable que de telles situations diminuent dans la mémoire de travail la capacité à maintenir la volonté (attentionnelle) de supprimer les distracteurs visuels (voir Barrett, Tugade & Engle, 2004 ; Engle, 2002 ; Lavie & De Fockert, 2005).

En conclusion, nos travaux de recherche ont permis d'établir que les effets de capture attentionnelle contingente sont particulièrement fréquents et robustes dans les situations proches de celles du monde réel, que ce soit lorsque nous effectuons deux tâches simultanément et donc en présence de ressources attentionnelles amoindries (doubles-tâches), lorsque les éléments distracteurs apparaissent rarement, ou lorsque les éléments distracteurs sont de la même nature sémantique que la cible recherchée.

Les conséquences de ces observations sont majeures, tant ces situations sont fréquentes dans la vie quotidienne, notamment en ce qui concerne les situations où la sécurité est centrale, telles que la conduite automobile, le pilotage d'avion, la discrimination visuelle sur des scanners d'aéroports ou sur des appareils d'imagerie médicale. La prise en compte des connaissances actualisées sur le fonctionnement attentionnel lors de la conception des tableaux et instruments de bord des automobiles et des avions est par exemple essentielle pour la sécurité des usagers (pour une étude portant sur l'importance de l'évaluation cognitive et sa prédictivité des performances de pilotage d'avion, voir Causse, Dehais, Arexis & Pastor, 2011).

Ainsi, la compréhension approfondie de l'apparition du phénomène de capture attentionnelle dans des conditions proches de celles du monde réel permet, au-delà d'accroître les connaissances fondamentales sur l'attention en tant que fonction cognitive, d'améliorer notre sécurité dans notre vie quotidienne.

Nos travaux ouvrent ainsi un certain nombre de perspectives de recherches, tant sur le plan de la recherche fondamentale que sur le plan de la recherche appliquée. En effet, dans la continuité des recherches présentées dans ce travail de thèse, l'étude des conditions d'apparition du phénomène de capture attentionnelle dans des conditions proches de celles du monde réel peut être approfondie de différentes manières.

Ainsi par exemple, dans l'esprit des objectifs de recherche de notre étude 2 (« *Capture attentionnelle dans des situations de scènes routières* »), il serait particulièrement pertinent d'utiliser l'oculométrie (*eye-tracking*)²¹ afin de mesurer le phénomène de capture attentionnelle en présence d'un matériel extrait du monde réel, comme des photographies de scènes routières. Ces résultats pourraient être comparés à ceux que nous avons obtenus. De la même manière, la méthode de l'étude 3 présentée dans ce travail de thèse (« *Mise en évidence d'effets de capture attentionnelle de nature sémantique* ») pourrait être reprise en y adjoignant également l'oculométrie, mais aussi des techniques d'électrophysiologie (*effet N2pc*), et ce afin de mesurer avec d'autres techniques le phénomène de capture attentionnelle *sémantique* spatiale. Enfin, il serait intéressant de tester l'effet de la charge perceptive (*perceptual load* ; Lavie, 1995, 2005) en reprenant la méthode de l'étude 3 et en créant deux conditions : une dans laquelle la charge perceptive serait importante (*high load condition*) et une autre dans laquelle la charge perceptive serait faible (*low load condition*).

²¹ L'oculométrie, ou *eye-tracking*, regroupe différentes techniques de mesure des mouvements et des fixations oculaires.

Sur un versant plus appliqué, les conditions de survenue de l'effet de capture attentionnelle (et notamment de celui de la capture attentionnelle *contingente*) mériteraient d'être directement testées en situations réelles, en utilisant notamment l'oculométrie dans des tâches de discrimination visuelle sur des scanners d'aéroports ou sur des appareils d'imagerie médicale (pour une étude portant sur la discrimination visuelle de cibles sur des scanners d'aéroports, voir McCarley, Kramer, Wickens, Vidoni & Boot, 2004 ; pour une recherche portant sur la cécité d'inattention, *inattentional blindness*²², chez des radiologues, voir Drew, Vo & Wolfe, 2013). Plusieurs paramètres influençant la capture attentionnelle pourraient alors être testés, comme le degré d'expertise (novices ou professionnels), la localisation et le degré d'excentricité (*eccentricity*) du distracteur dans le champ de recherche, la fréquence d'apparition du distracteur et l'*effet d'habituation*, ou bien encore les doubles-tâches.

Enfin, comme nous l'avons évoqué précédemment, il serait intéressant d'approfondir l'étude des mécanismes attentionnels intervenant dans la capture attentionnelle lors de situations de conduite automobile ou de pilotage d'avion. De façon générale, l'étude des facteurs humains (*human factors*) dans les situations de conduite ou en aéronautique est cruciale du point de vue de l'amélioration de la sécurité et de la prévention des accidents consécutifs à des erreurs humaines (pour un rapport portant sur l'apport de la psychologie et de la neuropsychologie dans l'étude des facteurs humains en aéronautique, voir rapport de stage professionnel de master 2 de Arexis, 2010 ; pour un rapport portant sur les apports de l'oculométrie dans la sécurité aérienne voir Peysakhovich, Lefrançois, Dehais & Causse, 2016 ; pour une étude portant sur la capture attentionnelle lors de tâches de contrôle du trafic aérien,

²² La cécité d'inattention, ou *inattentional blindness* (Mack & Rock, 1998), est le fait de ne pas percevoir un objet ou un événement visuel inattendu mais pourtant particulièrement saillant alors que notre attention visuelle est focalisée sur un autre objet (ou événement).

voir Imbert et al., 2014). Là encore, l'étude du phénomène de capture attentionnelle prend toute son importance et occupe de ce fait une place centrale dans les recherches menées dans ces domaines.

Références

- Arexis, M. (2010). *Pratique de la neuropsychologie dans l'étude des facteurs humains en aéronautique*. Rapport de stage professionnel de master 2 non publié, Université de Franche-Comté, Besançon.
- Arexis, M., Didierjean, A., & Maquestiaux, F. (2012, septembre). *Modulation de l'attention disponible : effets sur la capture attentionnelle*. Communication présentée au 54^{ème} Congrès National de la Société Française de Psychologie, Montpellier. En ligne <http://www.sfpsy.org/IMG/pdf/actes-54emecongres-sfp2012-def.pdf>
- Arexis, M., Maquestiaux, F., Gaspelin, N., Ruthruff, E., & Didierjean, A. (2017). Attentional capture in driving displays. *British Journal of Psychology*, 108, 259-275.
- Arexis Lages, M. (2010). *Modulation de la capture attentionnelle en situation de double-tâche : effets sur le paradigme de la pré-signalisation*. Mémoire de master 2 non publié, Université de Franche-Comté, Besançon.
- Ariga, A., & Yokosawa, K. (2008). Contingent attentional capture occurs by activated target congruence. *Perception & Psychophysics*, 70, 680-687.
- Awh, E., Belopolsky, A. V., & Theeuwes, J. (2012). Top-down versus bottom-up attentional control: a failed theoretical dichotomy. *Trends in Cognitive Science*, 16, 437-443.
- Bacon, W. F., & Egeth, H. E. (1994). Overriding stimulus-driven attentional capture. *Perception and Psychophysics*, 55, 485-496.

- Barnard, P. J. (1999). Interacting cognitive subsystems: Modeling working memory phenomena within a multi-processor architecture. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory* (pp. 298-339). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Barnard, P. J., Scott, S., Taylor, J., May, J., & Knightley, W. (2004). Paying Attention to Meaning. *Psychological Science*, 15, 179-186.
- Barrett, L. F., Tugade, M. M., & Engle, R. W. (2004). Individual differences in working memory capacity and dual-process theories of the mind. *Psychological Bulletin*, 130, 553-573.
- Belopolsky, A. V., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2010). What is top-down about contingent capture? *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72, 326-340.
- Biggs, A. T., Kreager, R. D., Gibson, B. S., Villano, M., & Crowell, C. R. (2012). Semantic and Affective Salience: The Role of Meaning and Preference in Attentional Capture and Disengagement. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 38, 531-541.
- Boot, W. R., Brockmole, J. R., & Simons, D. J. (2005). Attention capture is modulated in dual-task situations. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 662-668.
- Boot, W. R., Kramer, A. F., & Becic, E. (2006). *Capturing attention in the laboratory and the real world*. In Kramer, A. F., Wiegmann, D. A., & Kirlik, A. (Eds). *Attention: From Theory to Practice* (Chap. 3, pp. 27-44). N.Y., NY: Oxford University Press.
- Burnham, B. R. (2007). Displaywide visual features associated with a search display's appearance can mediate attentional capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14, 392-422.
- Causse, M., Dehais, F., Arexis, M. & Pastor, J. (2011). Cognitive aging and flight performances in general aviation pilots. *Aging, Neuropsychology and Cognition*, 18, 544-561.

- Chen, X., & Zelinsky, G. J. (2006). Real-world visual search is dominated by top-down guidance. *Vision Research*, 46, 4118-4133.
- Cousineau, D. (2005). Confidence intervals in within-subject designs: A simpler solution to Loftus and Masson's method. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, 1, 42-45.
- Devue, C., Belopolsky, A. V., & Theeuwes, J. (2012). Oculomotor guidance and capture by irrelevant faces. *PLoS ONE*, 7 (4): e34598. En ligne <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034598>
- Didierjean, A., & Gobet, F. (2008a). Can Sherlock Holmes help cognitive psychology? *The Psychologist*, 21, 858-859.
- Didierjean, A., & Gobet, F. (2008b). Sherlock Holmes - an expert's view of expertise. *British Journal of Psychology*, 99, 109-125.
- Drew, T., Vo, M. L. H., & Wolfe, J. M. (2013). The invisible gorilla strikes again: Sustained inattention blindness in expert observers. *Psychological Science*, 24, 1848-1853.
- Driver, J. (2001). A selective review of selective attention research from the past century. *British Journal of Psychology*, 92, 53-78.
- Egeth, H. E., & Yantis, S. (1997). Visual attention: Control, representation, and time course. *Annual Review of Psychology*, 48, 269-297.
- Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science*, 11, 19-23.
- Failing, M. F., & Theeuwes, J. (2014). Exogenous visual orienting by reward. *Journal of Vision*, 14, 1-9.
- Folk, C. L., Berenato, A., & Wyble, B. (2014). Semantic priming produces contingent attentional capture by conceptual content. *Journal of Vision*, 14, 318-318.

- Folk, C. L., & Gibson, B. S. (Eds.). (2001). *Attraction, distraction and action: Multiple perspectives on attentional capture (Vol 133)*. Amsterdam: Elsevier.
- Folk, C. L., Leber, A. B., & Egeth, H. E. (2002). Made you blink! Contingent attentional capture produces a spatial blink. *Perception & Psychophysics*, 64, 741-753.
- Folk, C. L., Leber, A. B., & Egeth, H.E. (2008). Top-down control settings and the attentional blink: Evidence for nonspatial contingent capture. *Visual Cognition*, 16, 616-642.
- Folk, C. L., & Remington, R. W. (1998). Selectivity in distraction by irrelevant featural singletons: Evidence for two forms of attentional capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 847-858.
- Folk, C. L., & Remington, R. W. (1999) Can new objects override attentional control settings? *Perception & Psychophysics*, 61, 727-739.
- Folk, C. L., & Remington, R. W. (2006). Top-down modulation of preattentive processing: Testing the recovery account of contingent capture. *Visual Cognition*, 14, 445-465.
- Folk, C. L., & Remington, R. W. (2008). Bottom-up priming of top-down attentional control settings. *Visual Cognition*, 16, 215-231.
- Folk, C. L., & Remington, R. W. (2015). Unexpected abrupt onsets can override a top-down set for color. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41, 1153-1165.
- Folk, C. L., Remington, R. W., & Johnston, J. C. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 1030-1044.
- Folk, C. L., Remington, R. W., & Wright, J. H. (1994). The structure of attentional control: Contingent attentional capture by apparent motion, abrupt onset and colour.

- Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 317-329.
- Forster, S., & Lavie, N. (2008a). Failures to ignore entirely irrelevant distractors: The role of load. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 14, 73-83.
- Forster, S., & Lavie, N. (2008b). Attentional capture by entirely irrelevant distractors. *Visual Cognition*, 16, 200-214.
- Franconeri, S. L., & Simons, D. J. (2003). Moving and looming stimuli capture attention. *Perception & Psychophysics*, 65, 999-1010.
- Gaspelin, N., Leonard, C. J., & Luck, S. J. (2015). Direct evidence for active suppression of salient-but-irrelevant sensory inputs. *Psychological Science*, 22, 1740-1750.
- Gaspelin, N., Ruthruff, E., Jung, K., Cosman, J. D., & Vecera, S. P. (2012). Does low perceptual load enable capture by colour singletons? *Journal of Cognitive Psychology*, 24, 735-750.
- Geyer, T., Müller, H. J., & Krummenacher, J. (2008). Expectancies modulate attentional capture by salient color singletons. *Vision Research*, 48, 1315-1326.
- Horstmann, G. (2002). Evidence for attentional capture by a surprising color singleton in visual search. *Psychological Science*, 13, 499-505.
- Imbert, J.-P., Hodgetts, H. M., Parise, R., Vachon, F., Dehais, F., & Tremblay, S. (2014). Attentional costs and failures in air traffic control notifications. *Ergonomics*, 57, 1817-1832.
- Irwin, D. E., Colcombe, A. M., Kramer, A. F., & Hahn, S. (2000). Attentional and oculomotor capture by onset, luminance and color singletons. *Vision Research*, 40, 1443-1458.
- James, W. (1890). *The principles of psychology* (Vol. 1). New York: H. Holt and Company.

- Johnston, J. C., Ruthruff, E., & Lien, M.-C. (2015). Visual information processing from multiple displays. *Human Factors*, 57, 276-297.
- Jonides, J., & Yantis, S. (1988). Uniqueness of abrupt visual in capturing attention onset. *Perception & Psychophysics*, 43, 346-354.
- Kiss, M., Jolicoeur, P., Dell'acqua, R., & Eimer, M. (2008). Attentional capture by visual singletons is mediated by top-down task set: New evidence from the N2pc component. *Psychophysiology*, 45, 1013-1024.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 451-468.
- Lavie, N. (2005). Distracted and confused?: Selective attention under load. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 75-82.
- Lavie, N., & De Fockert, J. (2005). The role of working memory in attentional capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 669-674.
- Lavie, N., Hirst, A., De Fockert, J. W., & Viding, E. (2004). Load theory of selective attention and cognitive control. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 339-354.
- Lavie, N., Ro, T., & Russell, C. (2003). The role of perceptual load in processing distractor faces. *Psychological Science*, 14, 510-515.
- Lavie, N., & Tsal, Y. (1994). Perceptual load as a major determinant of the locus of selection in visual attention. *Perception & Psychophysics*, 56, 183-197.
- Levy, J., & Pashler, H. (2008). Task prioritization in multitasking during driving: Opportunity to abort a concurrent task does not insulate braking responses from dual-task slowing. *Applied Cognitive Psychology*, 22, 507-525.
- Levy, J., Pashler, H., & Boer, E. (2006). Central Interference in Driving: Is There Any Stopping the Psychological Refractory Period? *Psychological Science*, 17, 228-235.

- Lien, M.-C., Ruthruff, E., & Cornett, L. (2010). Attentional capture by singletons is contingent on top-down control settings: Evidence from electrophysiological measures. *Visual Cognition, 18*, 682-727.
- Lien, M.-C., Ruthruff, E., Goodin, Z., & Remington, R. W. (2008). Contingent attentional capture by top-down control settings: Converging evidence from event-related potentials. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 34*, 509-530.
- Lien, M.-C., Ruthruff, E., & Johnston, J. C. (2010). Attentional capture with rapidly changing attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 36*, 1-16.
- Lleras, A., Chu, H., & Buetti, S. (2017). Can we “apply” the findings of Forster and Lavie (2008)? On the generalizability of attentional capture effects under varying levels of perceptual load. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 23*, 158-179.
- Lu, S., & Han, S. (2009). Attentional capture is contingent on the interaction between task demand and stimulus salience. *Attention, Perception, & Psychophysics, 71*, 1015-1026.
- Luck, S. J. (2005). *An introduction to the event-related potential technique*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Luck, S. J., & Hillyard, S. A. (1990). Electrophysiological evidence for parallel and serial processing during visual search. *Perception and Psychophysics, 48*, 603-617.
- Luck, S. J., & Hillyard, S. A. (1994). Spatial filtering during visual search: Evidence from human electrophysiology. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 20*, 1000-1014.
- Mack, A., & Rock, I. (1998). *Inattention blindness*. Cambridge, MA: MIT Press.
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review. *Psychological Bulletin, 109*, 163-203.

- Maquestiaux, F. (2017). *Psychologie de l'attention* (2è éd.). Bruxelles : De Boeck Université.
- Maquestiaux, F., & Didierjean, A. (2011). Peut-on penser à deux choses à la fois ? *Cerveau & Psycho*, 45, 46-50.
- Matsukura, M., Brockmole, J. R., Boot, W. R., & Henderson, J. M. (2011). Oculomotor capture during real-world scene viewing depends on cognitive load. *Vision Research*, 51, 546-552.
- McCarley, J. S., Kramer, A. F., Wickens, C. D., Vidoni, E. D., & Boot, W. R. (2004). Visual skills in airport-security screening. *Psychological Science*, 15, 302-306.
- Morey, R. D. (2008). Confidence intervals from normalized data: A correction to Cousineau (2005). *Tutorial in Quantitative Methods for Psychology*, 4, 61-64.
- Most, S. B., & Astur, R. S. (2007). Feature-based attentional set as a cause of traffic accidents. *Visual Cognition*, 15, 125-132.
- Müller, H. J., Geyer, T., Zehetleitner, M., & Krummenacher, J. (2009). Attentional capture by salient color singleton distractors is modulated by top-down dimensional set. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35, 1-16.
- Neo, G., & Chua, F. K. (2006). Capturing focused attention. *Attention, Perception & Psychophysics*, 68, 1286-1296.
- Noosen, B., Lien, M.-C., & Ruthruff, E. (2014). An electrophysiological study of attention capture by salience: Does rarity enable capture? *Journal of Cognitive Psychology*, 3, 346-371.
- Pashler, H., & Johnston, J. C. (1998). *Attentional limitations in dual-task performance*. In H. Pashler (Ed.), *Attention* (pp. 155-189). Philadelphia: Taylor & Francis Press.
- Pashler, H., Johnston, J. C., & Ruthruff, E. (2001). Attention and performance. *Annual Review of Psychology*, 52, 629-651.

- Peysakhovich, V., Lefrançois, O., Dehais, F., & Causse, M. (2016, April). *Des apports de l'oculométrie dans la sécurité aérienne*. Communication présentée à la Conférence scientifique internationale sur les intelligences numériques DI2016, Québec. En ligne <http://oatao.univ-toulouse.fr/17473/>
- Posner, M. I., & Snyder, C. R. R. (1975). *Attention and cognitive control*. In R. L. Solso (Ed.), *Information processing and cognition: The Loyola Symposium* (pp. 55-85). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Preston, S. D., & Stansfield, R. B. (2008). I know how you feel: Task irrelevant facial expressions are spontaneously processed at a semantic level. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 8, 54-64.
- Rauschenberger, R. (2003). Attentional capture by auto- and allo-cues. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10, 814-842.
- Raymond, J.E., Shapiro, K. L., & Arnell, K. M. (1992). Temporary suppression of visual processing in RSVP task: An attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 849-860.
- Riotte, T. (2009). Mémoire de master 1 non publié, Université de Franche-Comté, Besançon.
- Ruz, M., Lupiáñez, J. (2002). A review of attentional capture: On its automaticity and sensitivity to endogenous control. *Psicológica*, 23, 283-309.
- 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, 1455-1470.
- Schreij, D., Owens, C., & Theeuwes, J. (2008). Abrupt onsets capture attention independent of top-down control settings. *Perception & Psychophysics*, 70, 208-218.

- Simons, D. J. (2000). Attentional capture and inattention blindness. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 147-155.
- Singh, S. (2010). *Distracted driving and driver, roadway, and environmental factors* (NHTSA Technical Report N° HS-811 380). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- Strayer, D. L., & Drews, F. A. (2006). *Multi-tasking in the automobile*. In A. Kramer, D. Wiegmann, & A. Kirlik (Eds.), *Applied attention: From theory to practice* (pp. 121-133). New York: Oxford University Press.
- Strayer, D. L., & Drews, F. A. (2007). Cell-phone-induced driver distraction. *Current Directions in Psychological Science*, 16, 128-131.
- Strayer, D. L., Drews, F. A., & Johnston, W. A. (2003). Cell phone-induced failures of visual attention during simulated driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9, 23-32.
- Strayer, D. L., & Johnston, W. A. (2001). Driven to distraction: Dual-task studies of simulated driving and conversing on a cellular telephone. *Psychological Science*, 12, 462-466.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- Theeuwes, J. (1991). Cross-dimensional perceptual selectivity. *Perception & Psychophysics*, 50, 184-193.
- Theeuwes, J. (1992). Perceptual selectivity for color and form. *Perception & Psychophysics*, 51, 599-606.
- Theeuwes, J. (1994). Stimulus-driven capture and attentional set: Selective search for color and visual abrupt onsets. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 20, 799-806.

- Theeuwes, J. (2004). Top-down search strategies cannot override attentional capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 65-70.
- Theeuwes, J. (2005). *Irrelevant singletons capture attention*. In L. Itti, G. Rees, & J. Tsotsos (Eds.), *Neurobiology of attention* (pp. 418-424). San Diego: Elsevier.
- Theeuwes, J. (2010) Top-down and bottom-up control of visual selection. *Acta Psychologica*, 135, 77-99.
- Theeuwes, J., & Belopolsky, A. V. (2012). Reward grabs the eye: Oculomotor capture by rewarding stimuli. *Vision Research*, 74, 80-85.
- Theeuwes, J., & Burger, R. (1998). Attentional control during visual search: The effect of irrelevant singletons. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1342-1353.
- Theeuwes, J., & Godijn, R. (2002). Irrelevant singletons capture attention: Evidence from inhibition of return. *Perception & Psychophysics*, 64, 764-770.
- Theeuwes, J., Kramer, A. F., Hahn, S., & Irwin, D.E. (1998). Our eyes do not always go where we want them to go: Capture of the eyes by new objects. *Psychological Science*, 9, 379-385.
- Theeuwes, J., Kramer, A. F., Hahn, S., Irwin, D. E., & Zelinsky, G. J. (1999). Influence of attentional capture on oculomotor control. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 25, 1595-1608.
- Todd, S., & Kramer, A. F. (1994). Attentional misguidance in visual search. *Perception & Psychophysics*, 56, 198-210.
- Treisman, A. M. (1969). Strategies and models of selective attention. *Psychological Review*, 76, 282-299.
- Turatto, M., & Galfano, G. (2000). Color, form, and luminance capture attention in visual search. *Vision Research*, 40, 1639-1643.

- Turatto, M., & Galfano, G. (2001). Attentional capture by color without any relevant attentional set. *Perception & Psychophysics*, 63, 286-297.
- Weaver, M. D., & Lauwereyns, J. (2011). Attentional capture and hold: the oculomotor correlates of the change detection advantage for faces. *Psychological Research*, 75, 10-23.
- Wickens, D. D., Dalezman, R. E., & Eggemeier, F. T. (1976). Multiple encoding of word attributes in memory. *Memory & Cognition*, 4, 307-310.
- Wolfe, J. M., Horowitz, T. S., & Kenner, N. M. (2005). Rate items often missed in visual searches. *Nature*, 26, 439-440.
- Wyble, B., Folk, C. L., & Potter, M. (2013). Contingent attentional capture by conceptually relevant images. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 39, 861-871.
- Yantis, S. (1998). *Control of visual attention*. In H. Pashler (Ed.), *Attention* (pp. 223- 256). London: Psychology Press.
- Yantis, S. (2000). *Goal-directed and stimulus-driven determinants of attentional control*. In S. Monsell & J. Driver (Eds.), *Attention and performance* (Vol. 18, pp. 73-103). Cambridge, MA: MIT Press.
- Yantis, S., & Jonides, J. (1984). Abrupt visual onsets and selective attention: Evidence from visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 601-621.
- Yiend, J. (2010). The effects of emotion on attention: A review of attentional processing of emotional information. *Cognition & Emotion*, 24, 3-47.

Annexes

Etude 1 - Données sur les participants

Tâche Simple

Sujet	Sexe	Age	Main dominante	Vue	Niveau d'études	Couleur de la cible recherchée
1	Masculin	23	Droite	Corrigée	Brevet	Rouge
2	Masculin	23	Droite	Normale	Brevet	Rouge
3	Féminin	27	Droite	Normale	Master 2	Rouge
4	Féminin	21	Droite	Normale	Licence 1	Rouge
5	Masculin	32	Droite	Corrigée	Doctorat	Rouge
6	Féminin	19	Droite	Corrigée	Licence 1	Rouge
7	Masculin	18	Droite	Corrigée	Licence 1	Rouge
8	Féminin	18	Droite	Normale	Licence 1	Rouge
9	Féminin	18	Droite	Normale	Licence 1	Rouge
10	Féminin	18	Gauche	Normale	Licence 1	Rouge
11	Masculin	32	Droite	Normale	Baccalauréat	Verte
12	Masculin	25	Droite	Normale	Master 2	Verte
13	Féminin	25	Droite	Normale	Master 2	Verte
14	Masculin	20	Droite	Corrigée	Licence 1	Verte
15	Masculin	25	Droite	Normale	Master 1	Verte
16	Féminin	19	Droite	Corrigée	Licence 1	Verte
17	Masculin	20	Droite	Normale	Licence 1	Verte
18	Féminin	19	Droite	Normale	Licence 1	Verte
19	Féminin	20	Droite	Normale	Licence 1	Verte
20	Féminin	18	Droite	Normale	Licence 1	Verte

Tâche avec son

Sujet	Sexe	Age	Main dominante	Vue	Niveau d'études	Couleur de la cible recherchée
21	Féminin	19	Droite	Corrigée	Licence 2	Rouge
22	Féminin	19	Droite	Corrigée	Licence 2	Rouge
23	Masculin	20	Droite	Normale	Licence 2	Rouge
24	Féminin	20	Droite	Normale	Licence 2	Rouge
25	Masculin	20	Droite	Normale	Licence 2	Rouge
26	Féminin	19	Droite	Corrigée	Licence 2	Rouge

27	Féminin	22	Droite	Corrigée	Licence 2	Rouge
28	Masculin	25	Droite	Normale	Licence 2	Rouge
29	Masculin	21	Droite	Normale	Licence 2	Rouge
30	Masculin	19	Droite	Normale	Licence 1	Rouge
31	Féminin	21	Droite	Normale	Licence 2	Verte
32	Masculin	19	Gauche	Corrigée	Licence 2	Verte
33	Féminin	21	Droite	Corrigée	Licence 3	Verte
34	Féminin	21	Droite	Normale	Licence 2	Verte
35	Masculin	20	Droite	Normale	Licence 1	Verte
36	Féminin	18	Gauche	Normale	Licence 1	Verte
37	Féminin	20	Droite	Normale	Licence 1	Verte
38	Féminin	18	Droite	Normale	Licence 1	Verte
39	Féminin	20	Droite	Normale	Licence 1	Verte
40	Féminin	19	Droite	Corrigée	Licence 1	Verte

Double-tâche (tâche simple visuelle + tâche auditive)

Sujet	Sexe	Age	Main dominante	Vue	Niveau d'études	Couleur de la cible recherchée
41	Féminin	25	Droite	Corrigée	Doctorat	Rouge
42	Féminin	24	Droite	Normale	Licence 2	Rouge
43	Féminin	24	Droite	Normale	Licence 3	Rouge
44	Féminin	20	Droite	Corrigée	Licence 2	Rouge
45	Féminin	20	Droite	Normale	Licence 2	Rouge
46	Féminin	19	Gauche	Normale	Licence 2	Rouge
47	Féminin	19	Droite	Normale	Licence 2	Rouge
48	Féminin	23	Droite	Normale	Licence 2	Rouge
49	Féminin	19	Droite	Normale	Licence 1	Rouge
50	Féminin	20	Droite	Corrigée	Licence 1	Rouge
51	Féminin	20	Droite	Normale	Licence 2	Verte
52	Féminin	21	Droite	Corrigée	Licence 2	Verte
53	Masculin	23	Droite	Normale	Licence 2	Verte
54	Masculin	22	Droite	Normale	Licence 2	Verte
55	Masculin	21	Droite	Normale	Licence 2	Verte
56	Féminin	21	Droite	Corrigée	Licence 3	Verte
57	Féminin	18	Droite	Corrigée	Licence 2	Verte
58	Féminin	21	Ambidextre	Normale	Licence 2	Verte
59	Féminin	18	Droite	Corrigée	Licence 1	Verte
60	Féminin	18	Droite	Normale	Licence 1	Verte

Niveau d'études moyen de l'ensemble des participants : Licence 2

Pourcentage de participants dont la vue est corrigée : 33,3%

Etude 1 - Données méthodologiques des expériences issues du mémoire de master 2, Arexis Lages (2010)

Méthode

La méthode appliquée à ces expériences est similaire à celle présentée dans l'Etude 1 de ce travail de thèse. Toutefois, une autre tâche auditive concurrente à la tâche de recherche visuelle de recherche de cible de Folk et Remington (1998) était utilisée pour les conditions de "tâche avec son" et de "double-tâche" : la tâche auditive de Boot, Brockmole et Simons (2005).

Participants

30 participants (11 hommes et 19 femmes) âgés de 18 à 32 ans (moyenne d'âge $M = 25$ ans, moyenne d'âge des hommes $M = 26.5$ ans et moyenne d'âge des femmes $M = 24.1$ ans) dont la vision était normale ou corrigée et ne présentant pas de problèmes de perception des couleurs ont participé à l'expérience. 19 des sujets ont été recrutés à l'Université de Franche-Comté et 11 à l'extérieur de l'Université.

Stimuli

La bande sonore était constituée de soixante fichiers sons. Dans chaque fichier son, une voix d'homme lisait une série de dix chiffres compris entre 1 et 9, à raison de deux chiffres par seconde, pendant cinq secondes (exemple de série de 10 chiffres : 1, 9, 4, 4, 5, 7, 3, 3, 8, 6). Dans la série de chiffres, il pouvait y avoir deux ou trois répétitions

séquentielles (ainsi, dans l'exemple donné ci-dessus, il y a deux répétitions séquentielles : "4, 4" et "3, 3").

Procédure

Déroulement d'un essai dans les 3 conditions :

En tâche simple :

Identique à celle présentée dans l'Etude 1 de ce travail de thèse.

En "tâche avec son" :

Les participants effectuaient la tâche simple (tâche de détection de cible) et entendaient la bande sonore pendant leurs essais (un fichier son par essai). Il était demandé aux sujets d'ignorer la bande sonore.

En "double-tâche" (tâche simple visuelle + tâche auditive) :

Tout comme pour les deux autres groupes, les participants devaient effectuer la tâche visuelle de détection de cible. Mais après avoir donné leur réponse à la tâche de détection de cible, les sujets devaient préciser le nombre de répétitions séquentielles entendues pendant l'essai. Les sujets appuyaient alors sur la touche "2", "3" ou "4" du clavier d'ordinateur (les touches étaient étiquetées). [N.B. : en réalité, il n'y avait que deux ou trois répétitions séquentielles par fichier son ; la quatrième évoquée permettait de s'assurer que l'attention des sujets était maintenue sur la tâche auditive après qu'ils aient compté trois répétitions].

Etude 1 – Capture de la communication affichée au 54^{ème} Congrès de la Société Française de Psychologie (SFP) (Montpellier, septembre 2012)

Modulation de l'attention disponible : effets sur la capture attentionnelle

Mahé Arexis ^(1, 2), André Didierjean ^(1, 2, 3) & François Maquestiaux ^(1, 4)

(1) MSHE Ledoux, USR CNRS 3124 – Université de Franche-Comté, France.
(2) Laboratoire de Psychologie EA3188 – Université de Franche-Comté, France.
(3) Institut Universitaire de France
(4) UR CIAMS – Université Paris-Sud Orsay, France.



Introduction

Dans le domaine de la capture attentionnelle, **deux points de vue opposés ont été proposés** sur les conditions nécessaires à la capture de notre attention par un stimulus indépendant de la tâche de recherche visuelle en cours :

1. L'apparition d'une information non pertinente capture souvent l'attention de façon automatique (i.e. sans attention) et indépendamment des buts et intentions de l'observateur (e.g. Theeuwes, 1994).
2. A l'opposé, d'autres auteurs (e.g. Folk, Remington & Johnston, 1992) affirment que la capture de l'attention est **contingente des buts et des intentions de l'observateur**, c'est-à-dire qu'une information non pertinente (i.e. un *distracteur*) capturera l'attention seulement si elle partage une caractéristique commune avec la tâche en cours (e.g. **cible et distracteur de même couleur**). Ce second point de vue s'appuie notamment sur de nombreuses données recueillies à partir du **paradigme modifié de la pré-signalisation (pre-cueing paradigm)** (Folk & Remington, 1998).

Boot, Brockmole et Simons (2005) ont montré que dans de nombreuses situations la réduction de l'attention disponible à l'aide d'une double-tâche est un facteur susceptible de moduler fortement les mécanismes fondamentaux de la capture attentionnelle. **Dans notre recherche nous avons repris le paradigme modifié de la pré-signalisation en tâche simple, mais aussi en situation de modulation de l'attention (tâche avec fond sonore et double tâche), afin d'étudier si le phénomène de capture involontaire contingente (Folk et al., 1998) est un effet robuste, qui résiste, ou non, à une situation de double tâche.**

Méthode

La tâche visuelle principale (Groupe *tâche simple*) reproduisait à l'identique le **paradigme modifié de la pré-signalisation** de Folk et Remington (1998) (voir représentation ci-dessous).

Elle consistait à identifier la cible rouge ou verte selon les participants (X ou =) le plus rapidement possible tout en ignorant le distracteur.

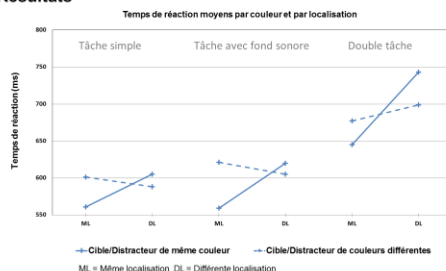


Tâche auditive secondaire : suite de pulsations plus ou moins régulières

- + - Groupe *tâche avec fond sonore* : les participants entendent mais ne doivent pas tenir compte des pulsations
- Groupe *double tâche* : parallèlement à la tâche visuelle, les participants devaient préciser si les pulsations entendues ralentissaient, accélèrent ou restaient régulières au cours de chaque essai.

Participants – 60 sujets âgés de 18 à 35 ans répartis en 3 groupes (20 en tâche simple, 20 en tâche avec fond sonore, 20 en double tâche)
Matériel – 2 blocs de 64 essais (1 bloc avec distracteur vert, 1 avec rouge). Couleur de cible inchangée pour chaque sujet.

Résultats



Discussion

Nos résultats répliquent l'effet de *capture involontaire contingente* non seulement en *tâche simple*, mais aussi en *tâche avec fond sonore* et en *double-tâche*. Ces résultats amènent deux commentaires :

1. L'effet de capture attentionnelle involontaire par un distracteur présentant une caractéristique physique similaire avec la cible (Folk et al., 1998) est particulièrement robuste.
2. La modulation de l'attention disponible n'influence pas la capture attentionnelle, ce qui suppose plutôt un fonctionnement de type automatique et exogène tel que décrit par Theeuwes (1994).

Etude 2 – Article scientifique publié en 2017 dans la revue **British Journal of Psychology**

British Journal of Psychology (2016)
© 2016 The British Psychological Society



The British
Psychological Society

www.wileyonlinelibrary.com

Attentional capture in driving displays

Mahé Arexis^{1*}, François Maquestiaux^{1*}, Nicholas Gaspelin²,
Eric Ruthruff³ and André Didierjean^{1,4}

¹Université de Franche-Comté, Besançon, France

²University of California, Davis, California, USA

³University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico, USA

⁴Institut Universitaire de France, Paris, France

Drivers face frequent distraction on the roadways, but little is known about situations placing them at risk of misallocating visual attention. To investigate this issue, we asked participants to search for a red target embedded within simulated driving scenes (photographs taken from inside a car) in three experiments. Distraction was induced by presenting, via a GPS unit, red or green distractors positioned in an irrelevant location at which the target never appeared. If the salient distractor captures attention, visual search should be slower on distractor-present trials than distractor-absent trials. In Experiment 1, salient distractors yielded no such capture effect. In Experiment 2, we decreased the frequency of the salient distractor from 50% of trials to only 10% or 20% of trials. Capture effects were almost five times larger for the 10% occurrence group than for the 20% occurrence group. In Experiment 3, the amount of available central resources was manipulated by asking participants to either simultaneously monitor or ignore a stream of spoken digits. Capture effects were much larger for the dual-task group than for the single-task group. In summary, these findings identify risk factors for attentional capture in real-world driving scenes: distractor rarity and diversion of attention.

In complex driving environments, the allocation of visual attention towards task-relevant objects is crucial. Roadways and motor vehicles are rich in visual information, some of which is task relevant (e.g., neon construction cones, flashing crosswalk signs, traffic lights, and police beacons) and some of which is not (e.g., a brightly coloured billboard advertisement or a jogger in the nearby park). Given that drivers are frequently travelling at rapid speeds that require fast reaction times (RTs), the slightest distraction could potentially have tragic consequences. Indeed, from 2005 through 2007 in the United States, 18% of all automobile crashes and 3,000 fatal crashes were due to distraction (Singh, 2010). Thus, the social and economic costs of misdirected visual attention while driving are enormous.

Although there has been considerable research on dual tasking while driving (e.g., Levy & Pashler, 2008; Levy, Pashler, & Boer, 2006; Strayer & Johnston, 2001), little research has specifically studied the capture of visual attention while driving. Drivers frequently encounter salient visual stimuli, such as the appearance of new objects on a GPS that are irrelevant to the immediate task of driving. Can these environmental changes automatically distract drivers from the road ahead? Or are individuals able to routinely

*Correspondence should be addressed to Mahé Arexis or François Maquestiaux, Université de Franche-Comté, 30 rue Mégevand, 25032 Besançon, France (email: mahe.arexis@mshs.univ-fcomte.fr or francois.maquestiaux@univ-fcomte.fr).

ignore such visual distractions? The goal of this study was to answer these questions under a variety of conditions that might represent risk factors, such as division of attention.

Visual distraction and attentional capture

Visual distraction due to ‘involuntary attentional capture’ has been studied using several visual search paradigms (for a review, see Simons, 2000). A key debate in capture research is whether salient-but-irrelevant stimuli can automatically draw visual attention. According to *stimulus-driven* theories, salient stimuli, such as brightly coloured or flashing objects, automatically capture attention (Franconeri & Simons, 2003; Theeuwes, 1992; Yantis & Jonides, 1984). For example, Theeuwes (1992) had participants search displays for a circle amongst diamonds and report the orientation of a line inside. On some trials, a diamond appeared in a unique colour against a background of homogeneously coloured items (e.g., a red diamond amongst many green diamonds). Even though this *colour singleton* was completely task irrelevant, participants were slower to detect the target when the colour singleton was present than when it was absent, a slowing of RT called a *present-absent cost*. Theeuwes concluded that salient stimuli can automatically capture attention, independently of the observer’s goals and intentions.

According to *goal-driven* theories, in contrast, only stimuli matching what people are currently looking for (called the *attentional set*) can capture attention (Ansorge & Becker, 2014; Ansorge, Horstmann, & Scharlau, 2010; Folk, Remington, & Johnson, 1992; Gaspelin, Ruthruff, Jung, Cosman, & Vecera, 2012; Lien, Ruthruff, Goodin, & Remington, 2008; Lien, Ruthruff, & Johnston, 2010). For instance, Folk and Remington (1998, 1999, 2006) and Folk *et al.* (1992) reported spatial capture of attention by an entirely irrelevant distractor precue if and only if it possessed the feature used to find the target – when the precue is red and the target is defined by being red. Strikingly, even a seemingly highly salient precue failed to capture attention when unrelated to the target – when the precue was a white abrupt onset but the target was red. Based on these findings, Folk and colleagues proposed the ‘contingent capture’ hypothesis: Attentional capture, although involuntarily triggered (bottom-up) by the appearance of an appropriate stimulus, depends entirely on the (top-down) attentional goal of finding the target.

Driving scenarios would seem to inherently require quick responses to unexpected salient stimuli (e.g., a motorcycle crossing the driver’s future path). Nevertheless, Most and Astur (2007) also reported capture strongly contingent on top-down goals in a realistic, first-person driving simulator. In their study, participants searched at every intersection for either a yellow or blue arrow indicating which way to turn. Most and Astur observed that the collision rate with a motorcycle suddenly veering into the car’s path was 36% when its colour did not match the participants’ attentional settings (e.g., a blue motorcycle when looking for a yellow arrow) but only 7% when the colours matched (e.g., a yellow motorcycle when looking for a yellow arrow). In other words, this study suggests that drivers can miss salient events that fall outside of their immediate attentional set.

Other studies of attentional capture in naturalistic scenes suggest that top-down control is imperfect. For example, Brockmole and Henderson (2005) had participants study naturalistic scenes for later recall. During study, participants were more likely to fixate on objects that abruptly appeared (i.e., abrupt onsets), even though they were task irrelevant. They concluded that certain transient bottom-up signals can automatically capture attention during visual search (see also Brockmole & Henderson, 2008).

Based on the above basic and applied studies of capture, it is clear that capture is strongest for the stimuli that match the current attentional goal (what the participant is looking for), especially under ideal circumstances (for evidence of top-down control even in the face of changing task demands, see Lien *et al.*, 2010). Although salient-but-irrelevant stimuli do sometimes capture attention despite apparently not matching top-down goals, they nevertheless produce much smaller capture effects than salient stimuli with relevant features (e.g., see Gaspelin, Margett-Jordan, & Ruthruff, 2014; Gaspelin, Ruthruff, Lien, & Jung, 2012).

The current study

Virtually all previous capture studies have employed unrealistically sparse and meaningless displays, such as a few letters in fixed positions on a homogenous background (but for a notable exception, see Most & Astur, 2007). This simplified basic science approach is efficient, but makes it difficult to generalize the findings to real-world scenarios of practical importance. Therefore, our goal was to explore the phenomenon of attention capture in more realistic scenarios.

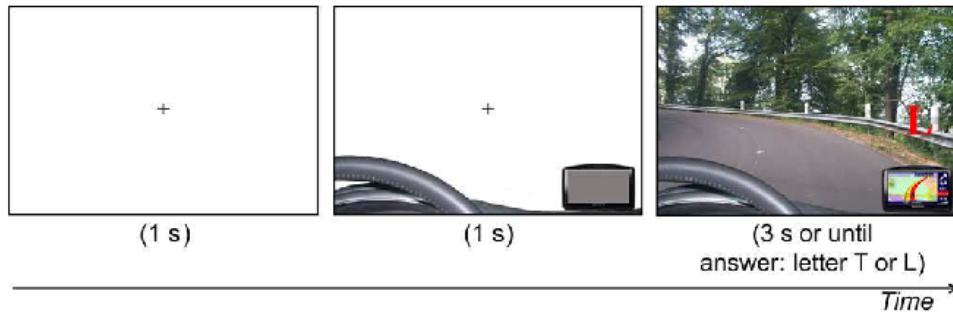
We explored several dimensions of increased realism. First, basic capture studies usually use simplistic letter arrays, whereas real-world displays are usually rich in visual information. Second, basic capture studies tend to place distractors only in possible target locations, whereas real-world scenes are often segregated into relevant regions and irrelevant regions (e.g., the road ahead vs. billboards on the side of the road). Third, most capture studies present distractors on every trial, whereas real-world distractors can be quite unpredictable. Fourth, capture studies tend to involve only a single task (visual search), whereas real-world scenarios often involve multiple tasks (e.g., lane following, maintaining speed, listening to the radio). It is unclear how the first dimension (scene complexity) might influence capture, but the second dimension (placing distractors in irrelevant locations) should decrease capture, and the third (rarity) and fourth (diversion of attention) would likely increase capture.

To begin, we examined the ability to identify a target presented in red (a colour chosen because it is common for warning signals) on a driving photograph in the face of distraction consisting of colour changes (red or green) on a GPS unit positioned in an entirely irrelevant location where no target ever occurred (Experiment 1). We then investigated some conditions that may potentially hinder the ability to identify the target: reduction in the frequency of distracting colour changes (Experiment 2) and reduction in the available central resources by adding another task (Experiment 3). Note that although we have increased realism along several dimensions (naturalistic scenes, irrelevant locations, reduced distractor frequency, diversion of central attention), the task is still visual search. This hybrid approach allows us to examine the impact of greater realism, while still maintaining contact with basic science studies and benefitting from their efficiencies (holding extraneous variables constant, collecting a large amount of data in a short period of time).

EXPERIMENT 1

Experiment 1 assessed attentional capture by distractors in driving displays. The participants searched for a red target (either the letter T or L) embedded in a photograph of a driving scene. Because they closely resemble each other, Ts and Ls are not identified

Trial with distractor (GPS turned on)



Trial with no distractor (GPS turned off)

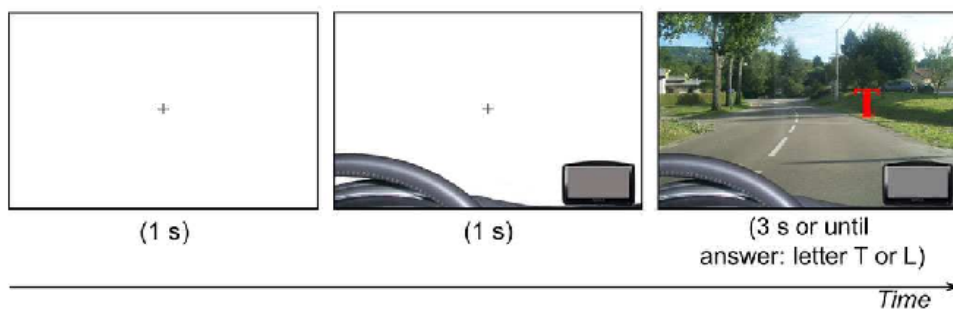


Figure 1. Timeline for a trial with GPS distractor present (top sequence) and for a trial with no GPS distractor (bottom sequence). Relative to the red target that participants searched for, the colour of the GPS distractor was either relevant (i.e., red, as shown in the Figure) or irrelevant (i.e., green, not shown in the Figure). For better visibility, the size of the red target letter has been quadrupled.

preattentively but rather require spatial attention. Thus, any misallocation of attention by a distractor should slow target detection. Each trial began with a fixation point (presented centrally) on a white display, followed by a dashboard containing a steering wheel and a blank (i.e., uniformly grey) GPS at the bottom of the display (see Figure 1). Then, this display was followed by a visual search display containing a driving photograph. On half of the trials, the GPS remained unchanged (i.e., grey) after the visual search display appeared and, on the other half of trials, the GPS was activated, showing a route. When the GPS became activated, the displayed route could have the same colour as the target (for half of the trials) or a different colour (for the other half of the trials).

In traditional capture studies, salient stimuli often have detrimental effects on search performance, but only when they match the target-defining properties, such as its colour. This contingent capture account predicts that, in a search for a red target letter embedded within a still photograph taken from inside a car while driving, only GPS screens containing a red distractor will produce present-absent costs but GPS screens containing a green distractor or remaining grey will not. What is unclear is whether the contingent capture results obtained with sparse displays will generalize to rich displays of driving scenes. According to Boot, Kramer, and Bécic (2006), for instance, generalization of capture effects from sparse to richer displays may be weak: '[...] it has become increasingly clear that laboratory findings regarding attentional capture may not always scale-up to more complex, real-world situations'.

According to stimulus-driven accounts, present-absent costs should instead be observed from both red and green GPS screens. Finally, salient distractors (both relevant and irrelevant) might fail to capture attention if participants are able to ignore locations known to be entirely irrelevant because a target never appears there. This case is important to study because it often occurs in real-world situations (although rarely in traditional capture experiments).

Method

Participants

Twenty-five students from a French University volunteered to participate in this experiment. All self-reported normal or corrected-to-normal visual acuity and normal colour vision. The mean age of the participants was 22.7 years and 15 were female.

Materials

One hundred and twenty photographs, taken from the inside of a car, were used. Each photograph was displayed at a $1,024 \times 758$ resolution and subtended 36.68° horizontally and 23.38° vertically at a typical viewing distance of 46 cm. Embedded in the foreground of each photograph was a steering wheel, a dashboard, and a GPS in the lower right corner (see Figure 1). The GPS screen subtended 7.46° horizontally and 3.74° vertically. Two versions of each photograph were created: one with a grey GPS screen ('GPS distractor absent') and the other one with a colour GPS screen ('GPS distractor present'). The coloured GPS screen represented a road path unrelated to the driving-scene photograph. The path colour was red for one-half of the 'GPS distractor present' photographs (i.e., 60 photographs) and green for the other half (i.e., for 60 photographs), so they either possessed a colour that was relevant (i.e., red) or irrelevant (i.e., green) relative to the target colour (which was always red).

On each of the photographs, we embedded the red target, which was a single T or L in Times New Roman font. The target subtended 1.49° horizontally by 1.49° vertically. Across trials, the target was distributed randomly and uniformly across the total area of the driving-scene photographs.

Apparatus

Stimulus presentation, timing, and collection of responses were performed by a Dell Latitude D630 laptop computer controlled by software E-Prime 2 (Psychology Software Tools, Inc., Sharpsburg, PA, USA).

Procedure

Before starting the experiment, participants were told that, in driving situations, it is crucial to quickly detect and appropriately react to red stimuli such as red breaking lights or red traffic lights. Participants were informed that, to study these kind of behaviours, the experimental task was to detect and identify as quickly and accurately as possible to a red target letter embedded within a still photograph taken from the inside of a vehicle. They responded to the letter T by pressing the 's' key and to the letter L by pressing the 'l' key on an AZERTY keyboard.

Participants completed five practice trials followed by 240 experimental trials, which were randomly ordered from the 120 'GPS distractor present' photographs and 120 'GPS distractor absent' photographs. As shown in Figure 1, each trial began with a black fixation cross presented for 1 s in the centre of a white screen, followed by the presentation of a display for 1 s containing the steering wheel, the dashboard, the GPS with a screen filled in grey, and the black cross. Then, the still photograph was presented and remained on the screen for 3 s, during which time participants could respond. To start the next trial, participants pressed the space bar. The experimental session was broken into two blocks of 120 trials, separated by a 5-min break.

Results

Trials with RTs between 100 and 2,500 ms were analysed. These RT cut-offs led to the removal of 1.04% of the trials. Trials with errors were excluded from the RT analyses. The resulting mean RTs and error rates are displayed in Table 1. Figure 2 shows mean RTs as a function of distractor presence.

Reaction times

We performed two paired-samples *t*-tests. The first one compared RT when a distractor (whether red or green) is present versus absent. The second one compared RTs when the distractor colour is relevant (i.e., red, like the target) versus irrelevant (green).¹

Mean RT was almost identical whether the distractor was present ($M = 944$ ms) or absent ($M = 942$ ms), $t(24) < 1$, leading to a negligible present-absent cost (2 ms). The 95% confidence interval for the overall present-absent effect was -8 to 13 ms, so the data are precise enough to rule out even a substantial capture effect.

Table 1. Mean reaction time (ms) and error rate (%) by distractor presence (present vs. absent), distractor colour relevance (relevant red vs. irrelevant green) for experiments 1, 2, and 3

	GPS distractor present				GPS distractor absent	
	Relevant red colour		Irrelevant green colour		Grey colour	
	RT	ER	RT	ER	RT	ER
Experiment 1						
50% distractor presence	943	3.82	946	5.14	942	3.97
Experiment 2						
20% distractor presence	946	1.33	924	3.17	922	2.52
10% distractor presence	961	1.00	945	2.00	892	1.69
Experiment 3						
Single-task group	932	1.94	912	3.89	907	2.92
Dual-task group	1,097	3.82	1,087	4.44	1,056	3.16

Note. RT = reaction time; ER = error rate.

¹ Note that present-absent and relevant-irrelevant are not orthogonal, so they cannot be combined in a two-way ANOVA.

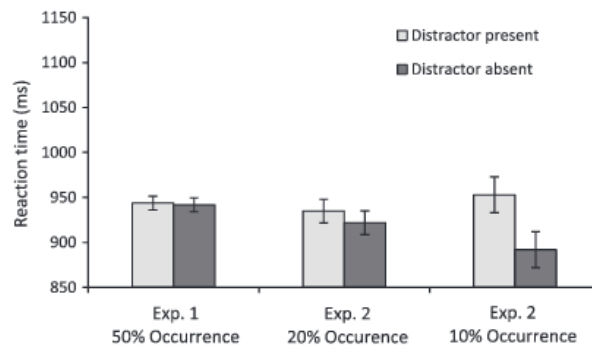


Figure 2. Reaction times as a function of GPS distractor presence (present vs. absent). In Experiment 1, GPS distractor occurred on 50% of the trials. In Experiment 2, it occurred on 20% of the trials for one-half of the participants and on 10% for the other half. Error bars represent the within-subjects confidence intervals, calculated using the Cousineau–Morey method (Cousineau, 2005; Morey, 2008).

There was no significant effect of whether the distractor colour was relevant ($M = 946$ ms) or irrelevant ($M = 943$ ms), $t(24) < 1$. The relevance cost was negligible (3 ms) with a 95% confidence interval of -10 to 16 ms.

Error rates

The overall percentage of incorrect responses was 4.2%. Error rates were influenced by neither distractor presence, $t(24) < 1$, nor distractor relevance, $t(24) = 1.63$, $p = .116$.

Discussion

In this experiment, participants searched for a colour target positioned on a driving photograph, while coloured distractors appeared in an irrelevant location (i.e., the GPS zone). No capture effects were discernible, suggesting that the salient distractors could be largely ignored, even in the relevant target-finding colour (red). Given that a large number of traditional studies have reported large amounts of capture by relevant-coloured distractors, the most obvious interpretation is that it is easier to ignore distractors when they appear in task-irrelevant locations (never containing a target).

EXPERIMENT 2

We found no evidence of capture when distractors appeared on 50% of trials. Here, we manipulated the frequency of the colour change on the GPS screen (either 10% or 20%) to determine whether distractor rarity increases capture. One might predict that infrequent distractors would produce greater attention capture effects than frequent distractors, due to a weakening of the attentional goal to ignore distractors occurring in an irrelevant location. Consistent with this prediction, previous research by Forster and Lavie (2007) showed greater attention capture effects for distractors occurring infrequently, on 10% of the trials, compared to distractors occurring more frequently,

on 50% of the trials (see also Folk & Remington, 2015; Horstmann, 2002; Johnston, Ruthruff, & Lien, 2015). But note that none of these studies used naturalistic scenes and other basic studies have failed to find an effect of rarity (e.g., Noosen, Lien, & Ruthruff, 2014). The issue is important because salient distracting stimuli might be relatively rare in real-world conditions, rather than occurring every few seconds (as in most traditional experiments).

Method

Participants

Fifty students from a French University volunteered to participate in this experiment. They were 18–23 years old and all had normal or corrected-to-normal visual acuity and normal colour vision.

Procedure

The procedure was identical to the one used in Experiment 1, except that half of the participants were randomly assigned to the 20% distractor occurrence condition and the other half to the 10% distractor occurrence condition.

Results

Trials with RTs between 100 and 2,500 ms were analysed. These RT cut-offs led to the removal of 0.59% of the trials. Trials with errors on the search task were excluded from the RT analyses (1.79%).

Reaction times

An ANOVA was conducted on RT with distractor presence (present vs. absent) as a within-subjects factor and distractor frequency (10% vs. 20% occurrence) as a between-subjects factor. Overall visual search speed was comparable between the 20% occurrence group ($M = 929$ ms) and those in the 10% occurrence group ($M = 922$ ms), $F(1, 48) < 1$. Unlike in Experiment 1, participants responded more slowly when the distractor was present ($M = 944$ ms) than when it was absent ($M = 907$ ms), $F(1, 48) = 20.09$, $p < .001$ (partial $\eta^2 = .30$). This main effect of distractor presence was qualified by an interaction with distractor frequency, $F(1, 48) = 8.72$, $p < .01$ (partial $\eta^2 = .15$). The present-absent cost was much larger in the 10% occurrence condition (cost of 61 ms) than in the 20% occurrence condition (cost of 13 ms), $t(48) = 2.95$, $p < .01$ (see Figure 2). Follow-up t -tests showed that the present-absent cost was significant in the 10% occurrence condition, $t(24) = 4.46$, $p < .001$, but not in the 20% occurrence condition, $t(24) = 1.38$, $p = .18$.

We also carried out an ANOVA on RT with distractor relevance (relevant red colour vs. irrelevant green colour) as a within-subjects factor and distractor frequency (10% vs. 20% occurrence) as a between-subjects factor. No significant RT difference was found between relevant ($M = 953$ ms) and irrelevant distractors ($M = 934$ ms), $F(1, 48) = 2.72$, $p = .106$ (partial $\eta^2 = .05$). Although this trend of a 19-ms relevance effect did not reach significance, it would be premature to conclude that there is no effect of relevance; more likely, it is simply difficult to detect because rare distractors leave few

trials to analyse and because even the green distractors often captured attention. Indeed, a similar trend will be reported in Experiment 3. Neither the main effect of distractor frequency, $F(1, 48) < 1$, nor the interaction between distractor relevance and distractor frequency, $F(1, 48) < 1$, was significant.

Error rates

The percentage of incorrect responses did not significantly differ between the 10% occurrence condition ($M = 1.59\%$) and the 20% occurrence condition ($M = 2.39\%$), $F(1, 48) = 2.00$, $p = .163$ (partial $\eta^2 = .04$). It also did not significantly differ between distractor-present ($M = 1.88\%$) and distractor-absent trials ($M = 2.10\%$), $F(1, 48) < 1$. Furthermore, there was no significant interaction between distractor presence and distractor frequency, $F(1, 48) < 1$.

Error rates were smaller when the distractor was presented in the relevant red colour ($M = 1.17\%$) rather than the irrelevant green colour ($M = 2.58\%$), $F(1, 48) = 5.47$, $p < .05$ (partial $\eta^2 = .10$).

Discussion

Distractor frequency (occurrence on 10% vs. 20% of the trials) influenced attentional capture in driving photographs: Present-absent costs were nearly five times larger in the 10% occurrence group (61 ms) than in the 20% occurrence group (13 ms). Note that the present-absent cost observed for the 20% occurrence group (13 ms) is numerically smaller than the present-absent cost found in Experiment 1 (2 ms) when GPS distractors occurred on 50% of the trials, but the small difference did not reach statistical significance, $t(48) < 1$.

One possible explanation for the influence of distractor frequency on attentional capture is that participants can habituate to distractors when they occur on at least 20% of the trials but not when they occur less often. Another possibility is that the attentional goal of suppressing salient distractors occurring in a particular irrelevant location was weakened when the distractors occurred very infrequently (i.e., on 10% of the trials), leading to less effective suppression of capture (see, e.g., Gaspelin, Leonard, & Luck, 2015; Sawaki & Luck, 2010). Regardless of the precise explanation, we speculate that those distractors occurring less often in real-world driving situations are the most distracting. For example, windshield wipers might be much less distracting than an unusual billboard.

EXPERIMENT 3

In real-world scenarios, drivers frequently perform two tasks simultaneously, such as talking on a cell phone while driving. In Experiment 3, we ascertained whether diverting central attentional resources towards a secondary source of information would influence attention capture effects by distractors (for evidence of capture effects modulated by dual-task situations with abstract displays, see Boot, Brockmole, & Simons, 2005). To this end, the visual search task from Experiment 1 was performed simultaneously with a stream of spoken digits, inspired by the auditory stream from Boot *et al.*'s (2005) study. The stream was monitored by one-half of the participants (who counted the number of sequential

digit repetitions) and ignored by the other half. Distractor frequency was 50%, as in Experiment 1.

Method

Participants

A new sample of 48 students was recruited from a French University to participate in this experiment. They were 18–24 years old, and all had normal or corrected-to-normal visual acuity and normal colour vision.

Materials

The visual material was identical to that used in Experiment 1, but we added an auditory stream of digits. The auditory material consisted of 60 recordings of a male voice reading a string of 10 digits (ranging from 1 to 9) at a rate of two digits per second for 5 s. Half of the recordings contained two sequential repetitions (e.g., 3, 4, 4, 5, 2, 8, 6, 6, 1, 9), and half contained three repetitions (e.g., 7, 5, 5, 4, 8, 8, 6, 6, 1, 9).

Apparatus

The apparatus was identical to that of Experiment 1, except for the addition of headphones.

Procedure

The procedure was identical to that of Experiment 1 with the following differences. All participants heard auditory strings of digits while performing the visual search task. The start of each 5-s auditory stream coincided with the start of each 5-s visual stream (i.e., the onset of the fixation cross). Participants were randomly assigned to either the single-task group or the dual-task group. Participants from the single-task group were informed that the auditory stream was irrelevant and, as such, they should ignore it. But participants from the dual-task group were instructed to count the number of sequential repetitions within the auditory stream. Even though three repetitions in a stream were the maximum, the instructions implied that up to four repetitions could occur, thus encouraging continuous attention even after three repetitions had been counted. After the search task, participants indicated how many repetitions of digits they heard by pressing the key labelled 1, 2, 3, or 4 on the AZERTY keyboard.

Results

Trials with RTs between 100 and 2,500 ms were analysed. These RT cut-offs led to the removal of 1.55% of the trials. Trials with errors on the search task were excluded from the RT analyses (2.49% for the single-task group and 2.06% for the dual-task group). For the dual-task group, trials with errors on the auditory task were also excluded from RT analyses (25.71%)². Figure 3 shows mean RTs as a function of distractor presence (present

² Note that while 25.71% represents a substantial percentage of trials, the analyses reported in the main text nevertheless exclude the errors for reasons of data quality control.

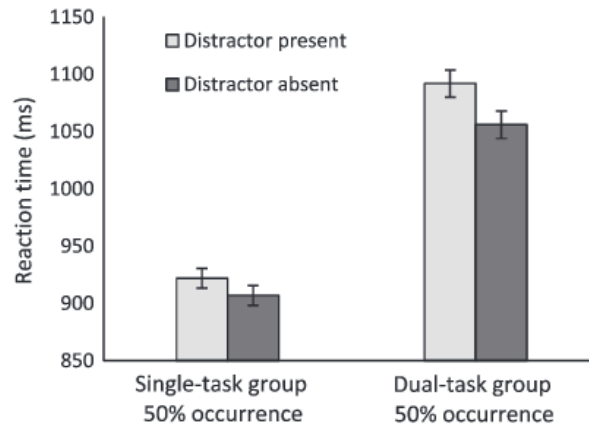


Figure 3. Reaction times in Experiment 3 as a function of GPS distractor presence (present vs. absent) for participants who ignored the auditory stream of information (single-task group) and those who simultaneously monitored it (dual-task group). Error bars represent the within-subjects confidence intervals, calculated using the Cousineau–Morey method (Cousineau, 2005; Morey, 2008).

vs. absent) and divided-attention group (single-task group vs. dual-task group) in Experiment 3.

Reaction times

An ANOVA was conducted on RT with distractor presence (present vs. absent) as a within-subjects factor and divided-attention group (single task vs. dual task) as a between-subjects factor. Results showed that mean RTs were longer by 163 ms for the dual-task group ($M = 1,074$ ms) than for the single-task group ($M = 915$ ms), $F(1, 46) = 19.64$, $p < .001$ (partial $\eta^2 = .30$). Participants responded more slowly overall when the distractor was present ($M = 1,007$ ms) than when it was absent ($M = 982$ ms), $F(1, 46) = 24.65$, $p < .001$ (partial $\eta^2 = .35$). Also, the main effect of divided-attention group was qualified by an interaction with distractor presence, $F(1, 46) = 4.09$, $p < .05$ (partial $\eta^2 = .08$). The present-absent cost was larger for the dual-task group (cost of 36 ms) than for the single-task group (cost of 15 ms), $t(46) = 2.02$, $p < .05$. Note that the present-absent cost was significant both for the dual-task group, $t(23) = 4.35$, $p < .001$, and for the single-task group, $t(23) = 2.47$, $p < .02$.

We also conducted an ANOVA with distractor relevance as a within-subjects factor (relevant red colour vs. irrelevant green colour) and divided-attention group (single task vs. dual task) as a between-subjects factor. Results showed that mean RTs were longer by 170 ms for the dual-task group ($M = 1,092$ ms) than for the single-task group ($M = 922$ ms), $F(1, 46) = 22.25$, $p < .001$ (partial $\eta^2 = .33$). Mean RTs did not significantly depend on whether the distractor had the relevant red colour ($M = 1,015$ ms) rather than the irrelevant green colour ($M = 1,000$ ms), $F(1, 46) = 2.33$, $p = .134$ (partial $\eta^2 = .05$). This trend of a 15-ms relevance effect was uninfluenced by divided-attention group, $F(1, 46) < 1$. Given that a similar trend was

observed in Experiment 2, there might be a genuine relevance effect that would be detected in a larger sample.

In any case, it is clear that the distractors are capturing attention given the overall present-absent cost (although perhaps nearly as strongly for irrelevant stimuli as for relevant stimuli).

Error rates

The percentage of incorrect responses did not significantly differ between the dual-task group ($M = 3.65\%$) and the single-task group ($M = 2.78\%$), $F(1, 46) = 2.66$, $p = .110$ (partial $\eta^2 = .05$). Participants tended to commit slightly more errors when the distractor was present ($M = 3.52\%$) than when it was absent ($M = 2.90\%$), as evidenced by a marginally significant main effect of distractor presence, $F(1, 46) = 3.67$, $p = .06$ (partial $\eta^2 = .07$). The interaction between distractor presence and divided-attention group was not significant, $F(1, 46) = 1.13$, $p = .293$ (partial $\eta^2 = .02$).

Error rates were smaller when the distractor was presented in the relevant red colour ($M = 2.88\%$) rather than the irrelevant green colour ($M = 4.17\%$), $F(1, 46) = 9.18$, $p < .01$ (partial $\eta^2 = .17$).

Discussion

The results from Experiment 3 demonstrate that visual search is generally slowed (by more than 160 ms) by a secondary task that requires central attentional resources. This reduction in available central resources also increased capture effects: The present-absent cost was only 15 ms for the single-task group but was 36 ms for the dual-task group. As in Experiment 2, there was also a tendency, albeit not significant, for more RT slowing when the target and the GPS distractor shared the same colour, relative to when they did not (relevance effect of 15 ms). As shown next in the General Discussion, a pooled analysis of Experiments 2 and 3 revealed a significant relevance effect, thus confirming a role of top-down goals in attentional capture.

Overall, the findings from Experiment 3 confirm that capture is possible with rich displays, even for distractors in irrelevant locations that never contained a target. Furthermore, the findings support the view that salient stimuli capture attention more easily when less central attentional resources are available. Perhaps such situations weaken the ability to maintain the attentional goal to suppress visual distractors in working memory (see Engle, 2002).

GENERAL DISCUSSION

Even though misallocation of visual attention due to distraction can have detrimental effects in driving situations (i.e., tragic accidents), the capture of visual attention has typically been studied only using very simple and artificial stimuli displays (e.g., circular array of letters or basic shapes on a homogenous background). Previous studies have also focused almost exclusively on single-task situations in which a distractor appears on nearly every trial. Therefore, it is important to examine attentional capture in more realistic situations.

The present study determined whether searching for a red target in a driving scene is compromised by salient visual distractors. In three experiments, we introduced

visual distractors by filling a GPS screen with coloured elements. In Experiment 1, GPS distractors (whether of a relevant or an irrelevant colour relative to the red target colour) occurred randomly on 50% of the trials. Both the present-absent cost (2 ms) and the relevance cost (3 ms) were negligible, thus showing a preserved ability to avoid capture by salient distractors under favourable conditions (i.e., high distractor frequency of 50%, constant distractor location in an irrelevant display region, and no other concurrent tasks).

In Experiment 2, we manipulated GPS distractor frequency: The distractors occurred on either 10% or 20% of the trials. Attention capture was almost five times larger when the distractor occurred on only 10% of the trials (present-absent cost of 61 ms) relative to when it occurred less infrequently on 20% of the trials (present-absent cost of 13 ms). In Experiment 3, participants were asked to either monitor or ignore an auditory stream while performing the search task. A larger present-absent cost was found when less central resources were available due to monitoring of the auditory stream (present-absent cost of 36 ms) relative to when more attention was available (present-absent cost of 15 ms).

Taken together, the results from Experiments 1–3 suggest that participants are reliably able to resist to distraction occurring in an irrelevant location, provided that distractors occur quite frequently (on at least 20% of the trials) and central resources are fully available. However, real-world scenarios are likely to often involve low-frequency events and reduced central resources, either of which by itself opens the door to capture. Thus, the present results (Experiments 2 and 3) also suggest that attentional capture can occur in real-world driving situations.

Effect of rarity

The rarity effect is consistent with findings from previous studies (e.g., Forster & Lavie, 2008; Müller, Geyer, Zehetleitner, & Krummenacher, 2009; Neo & Chua, 2006; Folk & Remington, 2015; but see also Noosen *et al.*, 2014). According to Müller *et al.* (2009), participants can ignore a distractor only with frequent distractor occurrence, aided by habituation. The authors explain the differences shown in the literature as follows: ‘the extent of distractor interference is dependent on two factors: (1) acquisition of a top-down suppression strategy during (initial) practice and (2) incentive to use such a suppression strategy’ (Müller *et al.*, 2009, p. 3). We hypothesize that the occurrence of distractors on 10% of the trials greatly reduced the activation of the ‘suppression strategy’ in working memory, thus facilitating attentional capture by the GPS distractor (see Gaspelin *et al.*, 2015; Sawaki & Luck, 2010).

Although reduction in event frequency increases capture for irrelevant events, it appears to have the exact opposite effect for target events (e.g., Wolfe, Horowitz, & Kenner, 2005). Johnston *et al.* (2015), for example, reported a reduction in capture by searched-for peripheral events in air traffic control displays when those events were rare and participants performed a demanding central task.

Effect of reducing available central resources

Monitoring an auditory stream reduced the amount of available cognitive resources which, in turn, facilitated attentional capture by GPS distractors (as evidenced by a present-absent cost of 36 ms for the dual-task group in Experiment 3). To account for this effect, we propose a weakening of the maintenance of the attentional goal in working

memory. Instead of setting themselves to ignore the irrelevant GPS, participants set themselves to monitor the auditory stimuli (which were quite salient). While driving, reduction in central resources could be caused by many different activities, such as talking on a cell phone or intently listening to the radio. Thus, objects from the entire visual field might become capable of capturing attention, not just those in the regions most relevant to the task of driving.

Effect of relevance

We had expected that, if capture occurred, it would occur more strongly for GPS distractors in the same colour as the target because they match the attentional set used to find the target (Folk *et al.*, 1992). So it was surprising the effect was, overall, quite weak. We observed a trend in this direction with infrequent distractors (cost of 19 ms in Experiment 2) and when central resources were less available (cost of 15 ms in Experiment 3), although neither effect reached significance. To evaluate whether these trends are genuine, we combined the data from Experiment 2 ($n = 50$) and Experiment 3 ($n = 48$), thus increasing our sample size up to 98 participants. We then compared RTs using a paired-samples *t*-test. This analysis revealed a significant relevance effect of 17 ms: RTs were longer when the GPS distractor had the relevant colour ($M = 983$ ms) relative to when it had the irrelevant colour ($M = 966$ ms), $t(97) = 2.27$, $p < .03$. Therefore, we tentatively conclude that attention capture effects observed in the present real-world visual scenes were contingent on the observer's goals, as found in basic capture experiments (e.g., Folk & Remington, 1998, 1999; Folk *et al.*, 1992).

Note, however, that we did observe residual capture effects even for GPS colour (i.e., green) that did not match the target colour (red). Specifically, the present-absent costs for green GPS distractors were significant in Experiment 2 (cost of 27 ms), $F(1, 48) = 6.78$, $p < .02$ (partial $\eta^2 = .12$), as well as in Experiment 3 (cost of 18 ms), $F(1, 46) = 7.85$, $p < .001$ (partial $\eta^2 = .15$). Thus, capture effects in the present context might be driven as much salience as by relevance. Moreover, while Experiments 2 and 3 (when analysed separately) show trends for a stronger capture effect when the distractors are similar with the target (i.e., red) than when they are dissimilar (i.e., green), error rate analyses in both experiments show significantly higher response accuracy when distractors are similar rather than dissimilar. This raises the question about the cause(s) of the attention capture effect when distractors are similar with the targets (i.e., red). Is the capture effect due only to visual similarity between the distractor and the target, or are the RTs affected (i.e., slowed) by the need to be more concentrated on the task in order to make less mistakes (i.e., higher response accuracy) when the distractor and the target are similar? Future research is needed to determine the exact cause of this effect.

Concluding remarks

In this study, we investigated visual attentional capture in real-world driving scenes. Participants searched for a red target letter embedded in driving scenes, while trying to ignore a salient GPS distractor that could match or mismatch the target-finding property (i.e., red). When the distractor appeared frequently and without a secondary task, participants could successfully ignore it (even when drawn in the task-relevant colour). But participants had difficulty ignoring it when the GPS distractor appeared rarely or along with a secondary task. The latter conditions are likely to prevail in many real-world situations, suggesting that capture frequently occurs. The present findings bear on the

largely neglected role of attentional capture in real-world driving scenes, which has implications for roadway safety and motor vehicle design.

Acknowledgements

This work was supported by a doctoral fellowship from the Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche to Mahé Arexis. It was also supported by PICS grant on 'longévité et vieillissement' from Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) and a postdoctoral fellowship (F32EY024834) from the National Eye Institute to N.G.

References

- Ansorge, U., & Becker, S. I. (2014). Contingent capture in cueing: The role of color search templates and cue-target color relations. *Psychological Research*, 78, 209–221. doi:10.1007/s00426-013-0497-5
- Ansorge, U., Horstmann, G., & Scharlau, I. (2010). Top-down contingent attentional capture during feed-forward visual processing. *Acta Psychologica*, 135, 123–126. doi:10.1016/j.actpsy.2010.05.008
- Boot, W. R., Brockmole, J. R., & Simons, D. J. (2005). Attention capture is modulated in dual-task situations. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 662–668. doi:10.3758/BF03196755
- Boot, W. R., Kramer, A. F., & Becic, E. (2006). Capturing attention in the laboratory and the real world. In A. F. Kramer, A. Kirlik & D. Wiegmann (Eds.), *Applied attention: From theory to practice* (pp. 27–44). New York, NY: Oxford University Press.
- Brockmole, J. R., & Henderson, J. M. (2005). Prioritization of new objects in real-world scenes: Evidence from eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31, 857–868. doi:10.1037/0096-1523.31.5.857
- Brockmole, J. R., & Henderson, J. M. (2008). Prioritizing new objects for eye fixation in real-world scenes: Effects of object-scene consistency. *Visual Cognition*, 16, 375–390. doi:10.1080/13506280701453623
- Cousineau, D. (2005). Confidence intervals in within-subject designs: A simpler solution to Loftus and Masson's method. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, 1, 42–45.
- Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science*, 11, 19–23. doi:10.1111/1467-8721.00160
- Folk, C. L., & Remington, R. W. (1998). Selectivity in distraction by irrelevant featural singletons: Evidence for two forms of attentional capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 847–858. doi:10.1037/0096-1523.24.3.847
- Folk, C. L., & Remington, R. W. (1999). Can new objects override attentional control settings? *Perception & Psychophysics*, 61, 727–739. doi:10.3758/BF03205541
- Folk, C. L., & Remington, R. (2006). Top-down modulation of preattentive processing: Testing the recovery account of contingent capture. *Visual Cognition*, 14, 445–465. doi:10.1080/13506280500193545
- Folk, C. L., & Remington, R. W. (2015). Unexpected abrupt onsets can override a top-down set for color. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41, 1153–1165. doi:10.1037/xhp0000084
- Folk, C. L., Remington, R. W., & Johnson, J. C. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 1030–1044. doi:10.1037/0096-1523.18.4.1030
- Forster, S., & Lavie, N. (2007). Attentional capture by entirely irrelevant distractors. *Visual Cognition*, 16, 200–214. doi:10.1080/13506280701465049

- Forster, S., & Lavie, N. (2008). Failures to ignore entirely irrelevant distractors: The role of load. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 14, 73–83. doi:10.1037/1076-898X.14.1.73
- Franconeri, S. L., & Simons, D. J. (2003). Moving and looming stimuli capture attention. *Perception & Psychophysics*, 65, 999–1010. doi:10.3758/BF03194829
- Gaspelin, N., Leonard, C. J., & Luck, S. J. (2015). Direct evidence for active suppression of salient-but-irrelevant sensory inputs. *Psychological Science*, 22, 1740–1750. doi:10.1177/0956797615597913
- Gaspelin, N., Margett-Jordan, T., & Ruthruff, E. (2014). Susceptible to distraction: Children lack top-down control over spatial attention capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22, 461–468. doi:10.3758/s13423-014-0708-0
- Gaspelin, N., Ruthruff, E., Jung, K., Cosman, J. D., & Vecera, S. P. (2012). Does low perceptual load enable capture by colour singletons? *Journal of Cognitive Psychology*, 24, 735–750. doi:10.1080/20445911.2012.690553
- Gaspelin, N., Ruthruff, E., Lien, M.-C., & Jung, K. (2012). Breaking through the attentional window: Capture by abrupt onsets versus color singletons. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 74, 1461–1474. doi:10.3758/s13414-012-0343-7
- Horstmann, G. (2002). Evidence for attentional capture by a surprising color singleton in visual search. *Psychological Science*, 13, 499–505. doi:10.1111/1467-9280.00488
- Johnston, J. C., Ruthruff, E., & Lien, M.-C. (2015). Visual information processing from multiple displays. *Human Factors*, 57, 276–297. doi:10.1177/0018720814545974
- Levy, J., & Pashler, H. (2008). Task prioritisation in multitasking during driving: Opportunity to abort a concurrent task does not insulate braking responses from dual-task slowing. *Applied Cognitive Psychology*, 22, 507–525. doi:10.1002/acp.1378
- Levy, J., Pashler, H., & Boer, E. (2006). Central interference in driving: Is there any stopping in the psychological refractory period? *Psychological Science*, 17, 228–235. doi:10.1111/j.1467-9280.2006.01690.x
- Lien, M.-C., Ruthruff, E., Goodin, Z., & Remington, R. W. (2008). Contingent attentional capture by top-down control settings: Converging evidence from event-related potentials. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34, 509–530. doi:10.1037/0096-1523.34.3.509
- Lien, M.-C., Ruthruff, E., & Johnston, J. C. (2010). Attentional capture with rapidly changing attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36, 1–16. doi:10.1037/a0015875
- Morey, R. D. (2008). Confidence intervals from normalized data: A correction to Cousineau (2005). *Tutorial in Quantitative Methods for Psychology*, 4, 61–64.
- Most, S. B., & Astur, R. S. (2007). Feature-based attentional set as a cause of traffic accidents. *Visual Cognition*, 15, 125–132. doi:10.1080/13506280600959316
- Müller, H. J., Geyer, T., Zehetleitner, M., & Krummenacher, J. (2009). Attentional capture by salient color singleton distractors is modulated by top-down dimensional set. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35, 1–16. doi:10.1037/0096-1523.35.1.1
- Neo, G., & Chua, F. K. (2006). Capturing focused attention. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 68, 1286–1296. doi:10.3758/bf03193728
- Noosen, B., Lien, M.-C., & Ruthruff, E. (2014). An electrophysiological study of attention capture by salience: Does rarity enable capture? *Journal of Cognitive Psychology*, 3, 346–371. doi:10.1080/20445911.2014.892112
- 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, 1455–1470. doi:10.3758/APP.72.6.1455
- Simons, D. J. (2000). Attentional capture and inattention blindness. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 147–155. doi:10.1016/s1364-6613(00)01455-8

- Singh, S. (2010). *Distracted driving and driver, roadway, and environmental factors* (Report No. DOT HS-811 380). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration. doi:10.1037/e622172011-001
- Strayer, D. L., & Johnston, W. A. (2001). Driven to distraction: Dual-task studies of simulated driving and conversing on a cellular telephone. *Psychological Science*, 12, 462–466. doi:10.1111/1467-9280.00386
- Theeuwes, J. (1992). Perceptual selectivity for color and form. *Perception & Psychophysics*, 51, 599–606. doi:10.3758/BF03211656
- Wolfe, J. M., Horowitz, T. S., & Kenner, N. M. (2005). Rate items often missed in visual searches. *Nature*, 26, 439–440. doi:10.1038/435439a
- Yantis, S., & Jonides, J. (1984). Abrupt visual onsets and selective attention: Evidence from visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 10, 601–621. doi:10.1037/0096-1523.10.5.601

Received 6 February 2015; revised version received 22 February 2016

Etude 3 – Listes par catégories sémantiques des mots stimuli présentés dans le champ de recherche

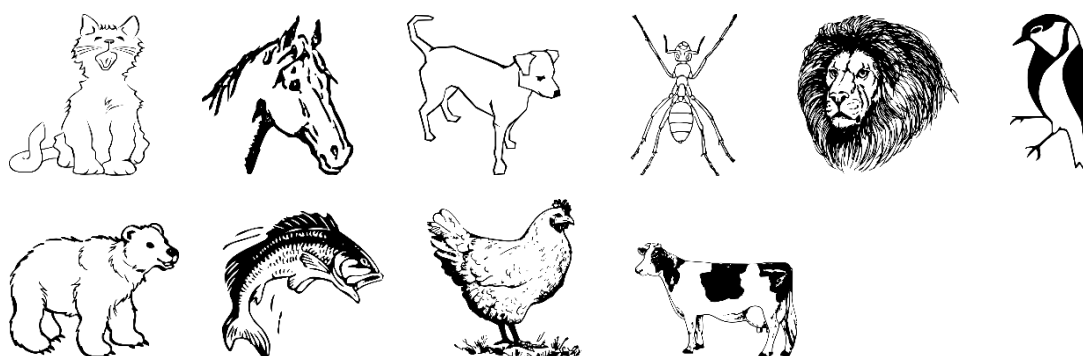
N.B. : Pour rappel, les mots des catégories Fruits et Légumes étaient des mots cibles, tandis que ceux des catégories Fleurs, Animaux et Objets étaient des distracteurs.

Fruits (Mots cibles)	Légumes (Mots cibles)	Fleurs	Animaux	Objets
Banane	Navet	Rose	Tortue	Miroir
Poire	Patate	Lilas	Lapin	Télé
Pomme	Oignon	Acacia	Veau	Table
Fraise	Céleri	Azalée	Vache	Chaise
Mangue	Radis	Bleuet	Agneau	Vase
Orange	Chou	Dahlia	Morue	Lampe
Kiwi	Salade	Houx	Saumon	Verre
Ananas	Courge	Iris	Guêpe	Cadre
Citron	Endive	Jasmin	Chat	Stylo
Raisin	Laitue	Lotus	Chien	Clef

Etude 3 - Images (distracteurs) utilisées dans l'expérience 1

N.B. : Les images présentées ci-dessous ne sont pas affichées à la taille réelle (de l'expérience).

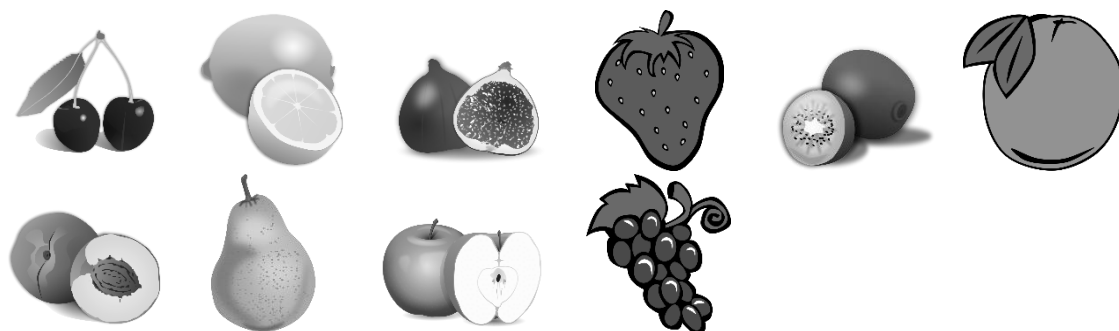
Animaux



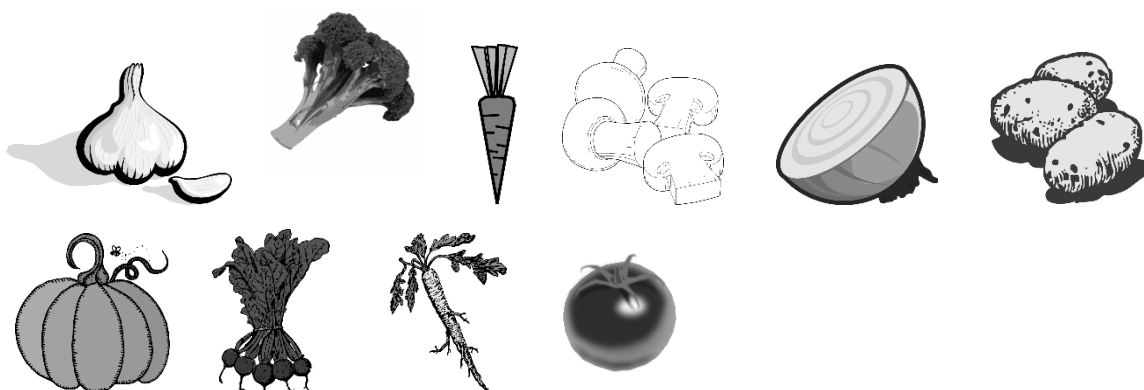
Fleurs



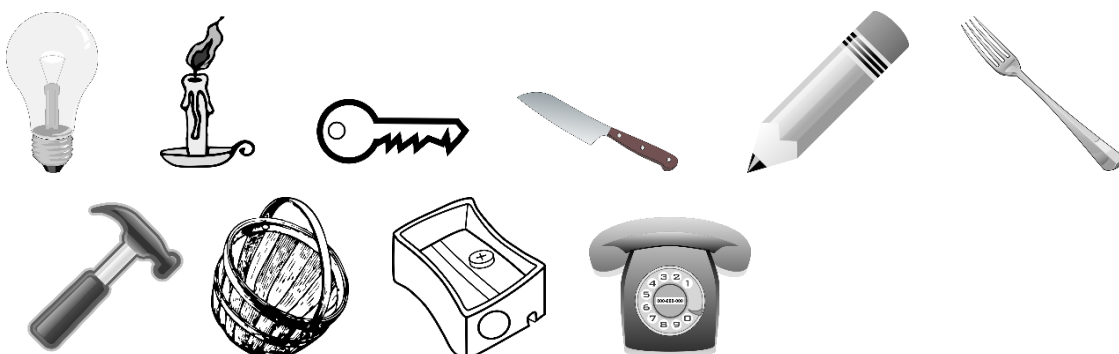
Fruits



Légumes



Objets



Titre : La capture attentionnelle : « *transposabilité* » du phénomène du laboratoire au monde réel

Mots clés : Capture attentionnelle ; attention ; double-tâche ; transposabilité au monde réel ; capture attentionnelle contingente ; charge cognitive

Résumé : Depuis une vingtaine d'années, la littérature scientifique traitant de la capture attentionnelle a mis en évidence, à l'aide de paradigmes expérimentaux testés en laboratoire, un certain nombre de processus attentionnels fondamentaux. Bien que les résultats obtenus « en laboratoire » à partir de stimuli visuellement « simples » méritent encore d'être investigués, depuis quelques années se pose la question de la « *transposabilité* » de ces observations à des objets et des situations issus du monde réel. Les phénomènes observés en laboratoire à partir d'un matériel visuellement simple sont-ils transposables à des situations, complexes, de la vie quotidienne ? Afin de répondre à cette question, nous avons créé et testé différentes conditions proches de celles du monde réel,

notamment en expérimentant en situation de double-tâche, en utilisant un matériel visuellement complexe extrait du monde réel (c.-à-d. des photographies de conduite automobile), en faisant varier la fréquence d'apparition de l'élément distracteur ou bien encore en testant une nouvelle caractéristique du distracteur, la dimension sémantique. Nos résultats révèlent les conditions d'apparition du phénomène de capture attentionnelle dans des situations s'approchant de celles du monde réel. Nous avons tout particulièrement détaillé dans cet ouvrage le cas de l'effet de *capture attentionnelle contingente*, phénomène majeur et robuste de la capture attentionnelle, y compris dans des situations visuellement complexes.

Title : Attentional capture : from laboratory to real-world situations

Keywords : Attentional capture ; attention ; dual-task situation ; generalizing to real-world situations ; contingent attentional capture ; cognitive load

Abstract : During the last two decades, studies about attentional capture revealed some major basic attentional processes by using several experimental paradigms. While further investigations need to be conducted by using simple visual stimuli, a raising question concerns the possibility to generalize laboratory findings to much more complex real-world situations. Indeed, basic attentional capture studies usually use simple stimuli while real-world displays are generally rich in visual information. To answer this issue, we conducted several experiments under close to real-world conditions, such as testing

dual task situations, using complex visual stimuli from real-world situations (e.g. driving-scenes photographs), modulating the distractor frequency or testing attentional capture at a semantic and conceptual dimension. Our results revealed the conditions in which the attentional capture phenomenon occurs in close to real-world situations. We particularly discussed in our work the *contingent attentional capture* phenomenon which appears to be a strong and robust effect, in both laboratory and close to real-world situations.