

Mémoire de Maîtrise en médecine No 2037

# **Development of implicit measures in addiction**

## Eye movements and attentional biases in tobacco addiction

### **Étudiante**

Mylène Ginier

### **Tuteur**

Prof. Jacques Besson

Dpt de psychiatrie communautaire, CHUV

### **Co-tuteur**

Dr Jeremy Grivel

Dpt de psychiatrie communautaire, CHUV

### **Expert**

Dr Lucas Spierer

Dpt de neurologie, HFR

Lausanne, décembre 2015

Lausanne, décembre 2015

**UNIL, Faculté de biologie et de médecine,**

Travail de maîtrise universitaire

**Development of implicit mesures in addiction :** relation between attentional biases, eye movements and tobacco addiction.

*Mylène Ginier*

**Objectif :** Le but de ce travail est d'étudier le lien existant entre les mouvements oculaires, notamment les microsaccades, et les biais attentionnels chez des individus addicts au tabac, afin d'évaluer l'utilité des mouvements oculaires comme indicateurs des biais attentionnels liés à l'addiction. Le but à plus long terme étant de déterminer la substance étant la plus à risque de faire rechuter un individu polyaddict, et ainsi de traiter cette addiction en premier lieu.

**Méthodologie :** Revue de la littérature existante. Expérience d'eye-tracking sur une cohorte de trente sujets fumeurs. Analyses statistiques.

**Résultats :** Nos résultats montrent qu'il y a un lien entre la direction des mouvements oculaires et la présentation d'images en lien avec le tabac, cependant ces corrélations n'ont pas été observées de manière récurrente sur l'ensemble des sujets. Nos résultats n'ont pas montré de lien entre la direction des microsaccades et la présentation d'images en lien avec le tabac. Nous observons qu'il serait difficile de mesurer les biais attentionnels à l'aide des microsaccades.

**Conclusion :** Ce travail nous montre que la mesure des biais attentionnels avec les microsaccades est difficile. Actuellement, il n'est pas envisageable d'utiliser les microsaccades dans la pratique clinique chez des individus addicts, en particulier chez des individus polyaddicts.

**Mots clés :** addiction – biais attentionnels – microsaccades – tabac

## Table des matières

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>5</b>
1.1	DÉPENDANCE ET ADDICTION	5
1.2	BIAIS ATTENTIONNELS	7
1.3	MICROSACCADES	8
1.4	INTRODUCTION DU TRAVAIL	10
<b>2</b>	<b>MÉTHODOLOGIE</b>	<b>11</b>
2.1	PARTICIPANTS	11
2.2	PROCÉDURE	11
2.3	MESURES	11
2.4	ANALYSE DES DONNÉES	12
2.5	ANALYSE STATISTIQUE	13
2.5.1	<i>Mouvements oculaires</i>	13
2.5.2	<i>Microsaccades</i>	14
<b>3</b>	<b>RÉSULTATS</b>	<b>14</b>
3.1	CDS-12 ET QUESTIONNAIRE	14
3.2	MOUVEMENTS OCULAIRES	15
3.2.1	<i>Mouvements oculaires lors de la présentation des images de tabac et de nature</i>	15
3.2.2	<i>Mouvements oculaires lors de la présentation des croix centrales seules</i>	16
3.3	CORRÉLATIONS	16
3.3.1	<i>Corrélations avec la CDS-12</i>	16
3.3.2	<i>Corrélations avec le questionnaire sur la consommation de cigarettes</i>	17
3.3.3	<i>Corrélations avec le questionnaire sur la consommation de café</i>	17
3.3.4	<i>Corrélations avec le questionnaire sur le sommeil</i>	17
3.4	MICROSACCADES	19
<b>4</b>	<b>DISCUSSION</b>	<b>19</b>
4.1	REPRÉSENTATIVITÉ DE L'ÉCHANTILLON	19
4.2	LIMITATIONS DE LA MÉTHODOLOGIE	19
4.3	MOUVEMENTS OCULAIRES	20
4.4	CORRÉLATIONS	21
4.4.1	<i>Corrélations avec la CDS-12</i>	21
4.4.2	<i>Corrélations avec le questionnaire sur la consommation de cigarettes</i>	22
4.4.3	<i>Corrélations avec le questionnaire sur le sommeil</i>	22
4.5	MICROSACCADES	23
<b>5</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>RÉFÉRENCES</b>	<b>25</b>

# **1 Introduction**

## **1.1 Dépendance et addiction**

La dépendance et l'addiction sont deux concepts différents, souvent confondus. La dépendance concerne exclusivement des substances et touche le 100 % des gens qui consomment ces substances. L'addiction en revanche concerne non seulement des substances mais également des comportements, tels que le jeu ou le sexe, et touche seulement une petite proportion de personnes.

La dépendance résulte d'un mécanisme d'adaptation du cerveau suite à la consommation chronique d'une substance psychotrope. Lors de la prise occasionnelle de psychotropes, il y a une abondance de neurotransmetteurs qui activent divers circuits cérébraux et produisent une sensation de bien-être. Néanmoins, lorsque la consommation devient chronique, le cerveau se retrouve avec des taux trop élevés de neurotransmetteurs de manière constante. Il développe donc des mécanismes afin de retrouver un équilibre. Parmi ces mécanismes, on peut citer la diminution du nombre de récepteurs à la surface cellulaire, la modification de la sensibilité de ces récepteurs, la diminution de la quantité de neurotransmetteurs libérés ou l'activation de gènes jusque-là inactifs. A long terme, ces modifications cérébrales faites pour s'adapter aux nouvelles conditions induisent une tolérance, c'est-à-dire que l'individu doit augmenter les doses afin de ressentir l'effet recherché. Après un certain temps, l'individu consomme non plus pour ressentir les effets bénéfiques du début de la prise de substances psychotropes mais pour diminuer les effets négatifs qu'il ressent lorsqu'il arrête de consommer et pour retrouver son état normal (Kalivas et O'Brien, 2007 ; Koob et Le Moal, 2008).

Lorsqu'une personne dépendante d'une substance psychotrope arrête de consommer, elle ressent des symptômes de sevrage, qui diffèrent selon la substance consommée. Ceci est dû au fait que le cerveau ne s'adapte pas immédiatement aux nouvelles conditions et qu'il continue à produire les mécanismes permettant de diminuer le taux de neurotransmetteurs. Il faut des semaines voire des mois afin que le cerveau s'adapte à nouveau et que les symptômes de manque disparaissent. Cependant, même après l'adaptation aux nouvelles conditions, le cerveau reste vulnérable face aux psychotropes ce qui explique le taux élevé de rechute (Edwards et al., 1980 ; Koob et Le Moal, 2008).

L'addiction quant à elle se caractérise par le besoin irrésistible de consommer une substance psychotrope malgré les conséquences négatives que cela a sur la santé de l'individu ainsi que sur sa vie sociale (McLellan et al., 2000).

L'addiction, au contraire de la dépendance, ne touche pas toutes les personnes qui consomment des substances psychotropes, certaines personnes sont plus vulnérables que

d'autres. La quantité ou la fréquence de la prise d'une substance, de même que la présence de symptômes de tolérance et de sevrage ne suffisent pas à expliquer pourquoi une personne devient addictive (Kalivas et O'Brien, 2007), car une substance à elle seule ne suffit pas à induire une addiction. Si l'on prend l'exemple de la cocaïne, qui est considérée comme étant une drogue très addictive, seule une personne sur cinq devient addictive (Balland et Lüscher, 2009). Afin qu'une addiction se développe, il faut trois éléments : une substance avec un pouvoir addictif, un organisme susceptible et du stress. Pour qu'une substance soit addictogène, il faut qu'elle active le système dopaminergique, la dopamine étant le neurotransmetteur du système de la récompense, ainsi que d'autres systèmes qui dysfonctionnent chez un individu consommateur chronique de substances psychotropes (Nestler, 2005 ; Volkow et al., 2010). Tous les individus ne sont pas égaux face aux drogues, certains sont plus susceptibles que d'autres. Ceci dépend de beaucoup de facteurs, notamment biologiques mais également environnementaux, sociaux et culturels. Des études ont montré que certains gènes sont associés à l'addiction, car ils peuvent rendre un individu plus susceptible. Néanmoins, l'expression des gènes étant modulée par l'environnement, celui-ci aura une influence sur la susceptibilité d'une personne face aux drogues (McLellan et al., 2000 ; Crabbe, 2002). Ceci est très important au moment du développement du cerveau, de la vie intra-utérine à l'adolescence, mais également tout au long de la vie d'un individu. Une personne qui évolue dans un environnement stressant aura plus de risque de devenir addictive. En effet, le stress provoque une augmentation du cortisol qui va induire des dommages au niveau du système dopaminergique, avec pour conséquences une diminution de la quantité de récepteurs à la dopamine, et va également induire qu'une diminution de la taille de l'hippocampe, la structure cérébrale importante dans la mémoire. Un individu avec un niveau élevé de cortisol aura donc moins de dopamine et sera à risque de combler ce manque par une substance psychotrope. Le stress induit également une diminution de dopamine au niveau du noyau accumbens ce qui provoque une augmentation du « craving », le « craving » étant l'envie irrésistible de consommer une substance. Différentes situations stressantes, comme le stress d'une mère pendant la grossesse, des expériences traumatisantes ou le manque de stimulation affectueuse pendant l'enfance, le décès d'un proche etc. peuvent induire une élévation du cortisol qui, chez certains individus plus susceptibles, peut conduire à la consommation d'une substance psychotrope pour gérer la situation (Marinelli et Piazza, 2002).

La manière dont une drogue agit sur le cerveau est complexe et actuellement pas encore totalement comprise. Plusieurs structures cérébrales sont impliquées et permettent d'expliquer le comportement typique d'une personne addictive, c'est-à-dire le comportement compulsif à rechercher et consommer une substance malgré les conséquences néfastes que cela a sur la personne. Parmi les structures cérébrales, on peut citer le système de la récompense qui comprend l'aire tegmentale ventrale et le noyau accumbens. Toutes les substances addictives activent ce système, à la différence des substances psychotropes non addictives. Deuxièmement, le système limbique avec l'hippocampe, qui est impliqué dans la

mémorisation de souvenirs liés à une expérience, ainsi que l'amygdale, qui permet d'évaluer la valeur émotionnelle d'un événement. Troisièmement, le cortex frontal qui est subdivisé en trois : le cortex orbitofrontal impliqué dans la motivation, le cortex préfrontal impliqué dans la planification et la prise de décisions ainsi que le gyrus cingulaire antérieur impliqué dans la génération de comportements. Ces structures reçoivent des projections dopaminergiques et sont connectées entre elles par des projections majoritairement glutamatergiques. En présence d'un stimulus, comme de la nourriture ou de la drogue, le cerveau l'évalue et lui donne une valeur. Trois systèmes entrent en ligne de compte pour attribuer une valeur à un stimulus. Le striatum ventral l'évalue en fonction de la récompense qu'il s'attend à recevoir du stimulus, le cortex orbitofrontal donne une valeur en fonction du contexte et de l'état interne de l'individu et finalement l'amygdale et l'hippocampe donnent une valeur en fonction du souvenir de ce que le stimulus avait apporté à la personne. Ensuite, la valeur est balancée avec celle d'autres stimuli. Elle peut également changer en fonction d'autres éléments comme l'humeur ou le stress. Plus la valeur attribuée à un stimulus est grande, plus la motivation à se le procurer sera grande. Finalement, la décision de se procurer ou non le stimulus est prise au niveau du cortex préfrontal et du gyrus cingulaire antérieur (Goldstein et al., 2009 ; Volkow et al., 2010 ; Belin et al., 2013).

Chez une personne addictive, ces circuits dysfonctionnent. La valeur donnée à la drogue et aux indices qui y sont associés est exagérée, au dépend d'autres stimuli naturels, tels que la nourriture, pour lesquels la valeur est diminuée. L'individu sera donc très motivé à rechercher la substance afin de la consommer. La suractivation des circuits de la récompense et de la motivation désactive le cortex préfrontal qui contrôlera plus difficilement le comportement de l'individu. Ceci explique le comportement compulsif d'une personne addictive face à sa substance (Volkow et al., 2010).

Lorsque la consommation d'une substance est chronique, les indices liés à la drogue suffisent à eux seuls à déclencher une libération de dopamine dans le noyau accumbens ce qui provoquera du « craving » et poussera l'individu à se procurer la drogue (Volkow et al., 2010).

Un individu consommateur chronique de substances est plus sensible au stress. Dans des situations stressantes, il aura tendance à donner une valeur encore plus importante à la substance. Le stress est donc un facteur de risque important dans la rechute (Volkow et al., 2010).

## **1.2 Biais attentionnels**

Les personnes addictes allouent leur attention préférentiellement et de manière excessive vers des indices qu'ils associent à la substance qu'ils consomment. Ce processus, appelé biais attentionnel, est automatique et inconscient (Begh et al., 2013). Deux modèles expliquent comment les biais attentionnels s'installent. Le modèle de Robinson et Berridge (1993)

postule qu'au début de la consommation d'une substance psychotrope, celle-ci se base sur le schéma suivant : indice → récompense → motivation → comportement. Au début, il y a une phase d'apprentissage, où le cerveau apprend à reconnaître les éléments qui vont lui apporter une récompense. En plus de la substance psychotrope, il reconnaît des éléments de l'environnement, que l'on nommera des indices, qu'il associe à la substance. Lorsque la consommation devient régulière, ces indices acquièrent une valeur de plus en plus grande pour finalement suffire à eux-seuls à déclencher une petite libération de dopamine dans le système de la récompense du cerveau, ce qui motivera l'individu à se procurer la drogue. Ces indices vont donc attirer l'attention de l'individu de manière excessive et le pousser à rechercher activement la substance et à la consommer. Le second modèle, le modèle de Tiffany (1990), postule que lorsque la consommation d'une substance devient chronique, l'aspect motivationnel du début disparaît au profit de l'habitude, sur la base du schéma suivant : indice → comportement. La présence de l'indice suffit à déclencher un comportement de recherche et de consommation de la substance de manière automatique (Mogg et al., 2005).

Dans le cas du tabac, les biais attentionnels sont plus prononcés chez les fumeurs légers que chez les fumeurs modérés à sévères. Ceci est dû au fait que les fumeurs légers sont dans la phase d'apprentissage où la présence des indices donne déjà une récompense et qu'ils ont des propriétés motivationnelles importantes alors que les fumeurs modérés à sévères sont dans la deuxième phase de l'addiction où leur comportement est automatique (Mogg et al., 2005).

Le « craving » est une cause et une conséquence des biais attentionnels. Une personne en manque de sa substance sera plus sensible aux indices qui y sont liés et une personne qui porte son attention sur les indices liés à sa substance ressentira une envie importante de la consommer (Begh et al., 2013).

Les biais attentionnels sont également une cause importante de rechute lors de l'arrêt de la consommation d'une drogue. Selon une étude de Ferguson et al. (2005) 75 % des individus qui arrêtent de fumer rechutent dans l'année qui suit l'arrêt de leur consommation, avec un pic de rechute à 6 mois (Begh et al., 2013).

### **1.3 Microsaccades**

Le système nerveux de l'être humain a évolué de sorte à voir de manière optimale les changements qui se produisent dans le champ visuel et de ce fait, lors de la fixation, l'image devient rapidement floue. Ceci explique l'utilité de mouvements oculaires supplémentaires qui sont les mouvements dits fixationnels. Il en existe trois types : les « drifts », les « tremors », et les microsaccades. Les « drifts » sont des petits mouvements de basse vélocité qui sont produits dans l'intervalle entre deux saccades et qui sont aléatoires. Leur amplitude varie de 0.016° à 0.13° et la vitesse est de l'ordre de 0.5°/s lors d'une fixation prolongée et légèrement plus élevée dans l'intervalle entre les saccades. Les « tremors » sont des mouvements

irréguliers, ressemblants à une onde, qui se surimposent aux « drifts ». Ce sont des mouvements à haute fréquence, de l'ordre de 84 Hz et de petite taille (Rolfs, 2009). Les microsaccades sont des petites saccades involontaires qui se produisent principalement horizontalement et verticalement, environ une fois par seconde. L'amplitude est actuellement le seul critère qui permette de différencier les microsaccades des saccades. Le seuil a été fixé de manière arbitraire à  $1^\circ$ , qui est la limite supérieure définissant une microsaccade (Martinez-Conde et al., 2013).

Les microsaccades jouent un rôle important lors de la fixation. Elles permettent d'empêcher qu'un objet devienne flou, pour les objets qui se trouvent au niveau de la fovéa comme pour ceux qui sont à la périphérie du regard. Elles jouent également un rôle lors de l'exécution de tâches nécessitant une grande précision, comme le fait de mettre un fil dans une aiguille, en repositionnant continuellement l'œil au bon endroit. Les microsaccades sont aussi importantes dans la correction des erreurs de position oculaire lors de la fixation, par exemple celles induites lors du clignement des yeux (Martinez-Conde et al., 2013).

Les microsaccades et les saccades ont des propriétés physiques et fonctionnelles très similaires, voire identiques. Ce sont des mouvements conjugués des deux yeux qui sont produits au niveau du colliculus supérieur principalement (Martinez-Conde et al., 2013). Le colliculus supérieur contient une carte rétinotopique motrice pour les mouvements oculaires de chaque amplitude et direction (Pastukhov and Braun, 2010). Il y a un continuum entre les saccades les plus grandes, produites au niveau du pôle caudal, et la fovéa, représentée au niveau du pôle rostral. Les microsaccades, au vu de leur petite amplitude sont produites au pôle rostral (Martinez-Conde et al., 2013). La suppression saccadique, c'est-à-dire la suppression du traitement des images lors de la production de saccades est un phénomène qui s'observe également avec les microsaccades. Ceci permet de maintenir une stabilité de la perception lorsque l'œil bouge (Martinez-Conde et al., 2013).

Un mouvement oculaire se produit lorsque l'activité neuronale d'une sous-population de neurones spécifiques pour une amplitude et une direction dépasse un certain seuil. Lors de la fixation, la sous-population de neurones codant pour une amplitude et une direction nulles présente la plus grande activité. Une activité forte et continue au niveau de ces neurones et une activité moindre au niveau des neurones codant pour la périphérie du champ visuel sont nécessaires afin de garantir une fixation à l'individu. Cependant, un petit déséquilibre entre les neurones spécifiques à la fixation et les neurones pour la périphérie du champ visuel peut être à l'origine de la production d'une microsaccade. Il existe deux types de microsaccades : celles induites par un stimulus et celles qui sont spontanées. Les premières résultent d'une compétition entre les neurones spécifiques de la fixation et d'autres neurones codant pour la périphérie du champ visuel alors que les secondes résultent de l'activité spontanée d'une sous-population de neurones qui dépasse transitoirement le seuil d'excitation sans qu'il n'y ait de stimulation visuelle particulière. Un déplacement de l'attention par exemple peut créer un



déséquilibre dans le colliculus supérieur et induire une microsaccade. L'attention et les mouvements oculaires sont deux éléments étroitement liés. La « premotor theory of attention » postule que les changements de direction de l'attention et les saccades sont contrôlés par les mêmes mécanismes neuronaux. Un changement de la direction de l'attention active les mêmes sous-populations de neurones que la production d'une saccade dans cette direction. Cette théorie pourrait également s'appliquer aux microsaccades. Un changement de la direction de l'attention « covert », qui est l'attention qu'un individu porte à un objet de son environnement sans le regarder, par opposition à l'attention « overt », qui est l'attention portée à un objet en bougeant les yeux pour fixer le regard dessus, provoque un petit déséquilibre dans l'activité des neurones du colliculus supérieur ce qui produit une microsaccade (Yuval-Greenberg et al., 2014).

L'allocation de l'attention dépend de la difficulté de la tâche à effectuer. Pour une tâche simple, comme la discrimination de la couleur d'un objet, l'individu ne porte qu'une petite partie de son attention sur l'objet tandis que s'il doit effectuer une tâche plus compliquée, comme la discrimination de la forme d'un objet, il octroiera plus d'attention sur l'objet. Lorsqu'un objet de l'environnement attire l'attention d'un individu suffisamment pour qu'il y soit attentif mais pas suffisamment pour qu'il fasse une saccade en direction de l'objet, il effectuera une microsaccade dans cette direction. Les microsaccades pourraient donc être utilisées afin de mesurer l'attention « covert ». La quantité et la précision des microsaccades quant à la direction de l'allocation de l'attention dépendent de la tâche effectuée. Plus la tâche est compliquée, plus les microsaccades seront rares mais plus leur direction donnera une information précise quant à l'allocation de l'attention (Pastukhov et Braun, 2010). Il faut néanmoins être conscient qu'une microsaccade prise isolément ne peut être utilisée comme indicateur de l'allocation de l'attention étant donné qu'une partie des microsaccades est produite spontanément (Yuval-Greenberg et al., 2014).

## **1.4 Introduction du travail**

Dans cette étude, les mouvements oculaires de fumeurs devant fixer une croix centrale lorsqu'on leur présentait simultanément des images de tabac et des images de nature d'un côté et de l'autre de leur champ visuel ont été mesurés. Dans un premier temps, tous les mouvements oculaires ont été mesurés afin d'analyser le regard des sujets et plus particulièrement leur manque éventuel d'inhibition du regard, c'est-à-dire s'ils faisaient des saccades en direction des images alors qu'ils devaient regarder la croix centrale. Dans un deuxième temps, les microsaccades ont été mesurées et leur direction a été analysée.

L'hypothèse de ce travail était que la direction des microsaccades reflète les biais attentionnels étant donné qu'elle est influencée par l'attention « covert » avec pour avantage d'être inconscientes, car les biais attentionnels sont habituellement mesurés à l'aide de tâches telles que la « Stroop task » (Krönke et al., 2015) qui ont comme inconvénients qu'elles utilisent

l'attention overt et sont donc potentiellement contrôlables par les sujets. L'utilité des microsaccades pour mesurer les biais attentionnels chez des personnes addictes réside dans le fait qu'une personne addictive est en général polyaddicte. Habituellement, les biais attentionnels sont testés pour une seule addiction. Les microsaccades pourraient nous aider à comprendre quelle substance induit le plus de biais attentionnels et serait donc peut-être à l'origine de la consommation de l'individu. L'idée étant de traiter en premier lieu l'addiction qui est à plus haut risque de provoquer une rechute.

## **2 Méthodologie**

### **2.1 Participants**

Trente sujets (11 femmes et 19 hommes) âgés entre 21 ans et 35 ans, se déclarant fumeurs ont été recrutés. Les critères d'exclusion à cette étude étaient les suivants : la consommation chronique d'autres substances et des problèmes visuels non rectifiés (les porteurs de lunettes et de lentilles étaient acceptés).

Le niveau de dépendance à la cigarette des sujets a été déterminé selon les critères de la Cigarette Dependence Scale (CDS-12). Les sujets ont également rempli un questionnaire concernant leurs habitudes en lien avec la consommation de tabac et de café ainsi qu'avec le sommeil.

Les participants avaient pour consigne de ne pas fumer pendant une période de minimum deux heures avant la passation de l'expérience.

Tous les sujets ont donné leur consentement éclairé par écrit pour cette étude.

### **2.2 Procédure**

Les sujets avaient pour consigne de fixer une croix centrale grise sur fond noir pendant toute la durée de l'expérience. Ensuite, à leur insu, des stimuli contenant des images apparaissaient puis disparaissaient en périphérie de cette croix centrale, sur un plan horizontal, de manière périodique pendant une durée de 4 secondes. Ces stimuli étaient composés d'une image en lien avec le tabac et d'une image en lien avec la nature (Voir *Figure 1*). Au total, 80 stimuli avec images, 40 stimuli avec l'image en lien avec le tabac à droite de l'écran puis 40 stimuli avec les mêmes combinaisons d'images mais l'image en lien avec le tabac à gauche de l'écran, et 80 stimuli avec la croix centrale seule ont été présentés.

### **2.3 Mesures**

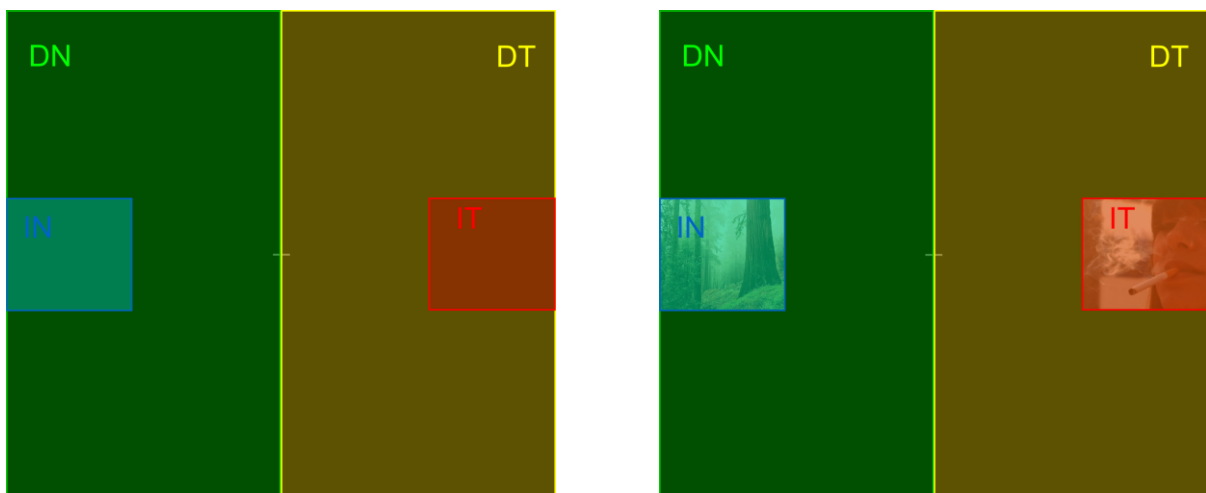
Les mouvements oculaires des participants ont été mesurés à l'aide d'un eye-tracking (SensoMotoric Instruments, iViewX 500 Hz). Les mouvements oculaires ont été mesurés

pendant la présentation des stimuli avec images (image en lien avec le tabac et image en lien avec la nature) et lorsque seule la croix centrale était présentée.

## 2.4 Analyse des données

Quatre sujets ont été exclus de l'étude, car l'enregistrement de leurs mouvements oculaires n'a pas fonctionné.

Les données ont été analysées avec le programme BeGaze (SensoMotoric Instruments). Dans un premier temps, 4 aires d'intérêt ont été définies pour chaque stimulus (les stimuli avec les images en lien avec le tabac et la nature ainsi que les stimuli avec la croix centrale seule) : « demi T » qui représente la moitié de l'écran avec l'image en lien avec le tabac, « demi N » qui représente la moitié de l'écran avec l'image en lien avec la nature, « image T » qui représente l'image en lien avec le tabac et « image N » qui représente l'image en lien avec la nature (Figure 1). Les mouvements oculaires des sujets ont été analysés pour chacune de ces aires d'intérêt.



*Figure 1: aires d'intérêt "demi N" (DN), "image N" (IN), "demi T" (DT) et "image T" (IT). Ces aires d'intérêt ont été définies pour tous les stimuli, c'est-à-dire pour les stimuli avec les croix centrales seules ainsi que pour les stimuli avec les images en lien avec le tabac et la nature.*

Dans un deuxième temps, les microsaccades ont été analysées plus spécifiquement, en tenant compte de leur direction. Une définition d'amplitude strictement inférieure à 1° a été retenue.

## 2.5 Analyse statistique

### 2.5.1 Mouvements oculaires

Le programme d'analyse BeGaze a généré une quantité importante de données pour tous les mouvements oculaires qui se sont produits au cours de l'expérience. Dans un premier temps, 5 paramètres ont été sélectionnés pour l'analyse des mouvements oculaires pour les quatre aires d'intérêt définies pour chaque stimulus :

- Le « dwell time » (DT, en ms) qui représente la somme de la durée de toutes les saccades et de toutes les fixations à l'intérieur d'une aire d'intérêt ;
- le « net dwell time » (NDT, en ms) qui représente la somme de la durée de tous les mouvements oculaires à l'intérieur d'une aire d'intérêt ;
- le « glances count » (GC, sans unité) qui représente le nombre de saccades venants depuis l'extérieur de l'aire d'intérêt et qui la touchent ;
- le « fixation count » (FC, sans unité) qui représente le nombre de fixations à l'intérieur d'une aire d'intérêt ;
- le « fixation time » (FT, en ms) qui représente la somme de la durée de toutes les fixations à l'intérieur d'une aire d'intérêt.

Ces cinq paramètres ont ensuite été moyennés sur le nombre de sujets (26) afin d'obtenir une donnée par paramètre et par aire d'intérêt.

L'expérience s'étant déroulée en deux temps avec, dans un premier temps l'image en lien avec le tabac à droite de l'écran (NT) et, dans un deuxième temps l'image en lien avec le tabac à gauche de l'écran (TN), certaines données ont été regroupées. Les données concernant le tabac dans les groupes NT et TN ont été regroupées ainsi que les données concernant la nature dans ces deux groupes. Par exemple, les données DT demi gauche TN et DT demi droite NT ont été regroupées pour former DT demi T, etc..

Ensuite, des paires de paramètres ont été formées entre les données des aires d'intérêt de tabac et de nature, c'est-à-dire « demi T » et « demi N » ainsi que « image T » et « image N », pour les stimuli avec les images et les stimuli avec la croix centrale seule. Par exemple, « demi T » DT et « demi N » DT forment une paire. Au total, 20 paires ont été formées. La différence entre les deux paires a été calculée afin de pouvoir ensuite faire un t-test (dont le résultat est dénoté t) pour chaque paire afin de déterminer si les deux moyennes sont statistiquement différentes et ainsi pouvoir déterminer s'il y a une différence dans la direction des moyennes des mouvements oculaires.

Finalement, un coefficient de corrélation (dont le résultat est dénoté  $r$ ) a été calculé pour les paramètres DT, NDT, GC, FC, FT des mouvements oculaires pour les aires d'intérêt « demi T » et « image T », pour les images en lien avec le tabac et la nature ainsi que pour les croix centrale seules, et les données obtenues avec la CDS-12 et le questionnaire sur les habitudes concernant la cigarette, le café et le sommeil. Il y a donc 20 coefficients de corrélations pour chaque question posée.

### 2.5.2 Microsaccades

La somme des microsaccades produites en direction des aires d'intérêt « demi T » et « image T » ainsi qu'en direction des aires d'intérêt « demi N » et « image N » a été faite pour chaque sujet, pour les microsaccades produites lors de la présentation des images en lien avec le tabac et la nature ainsi que lors de la présentation des croix centrales seules. Ce résultat a ensuite été moyenné sur l'ensemble des sujets (26) afin d'obtenir une moyenne des microsaccades produites en direction des aires d'intérêt en lien avec le tabac et une moyenne des microsaccades produites en direction des aires d'intérêt en lien avec la nature.

Ensuite, un t-test (dont le résultat est dénoté  $t$ ) a été fait pour ces données afin de pouvoir comparer la direction des moyennes des microsaccades pour les aires d'intérêt concernant le tabac et la nature.

## 3 Résultats

### 3.1 CDS-12 et questionnaire

Les données obtenues grâce à la Cigarette Dependance Scale (CDS-12) ont été analysées afin de déterminer le niveau de dépendance au tabac (faible, moyen ou élevé) de chaque sujet. Sur les 26 sujets, 4 avaient une dépendance faible, 18 une dépendance moyenne et 4 une dépendance forte. Le degré de dépendance des sujets est illustré dans la figure ci-dessous (Figure 2) :

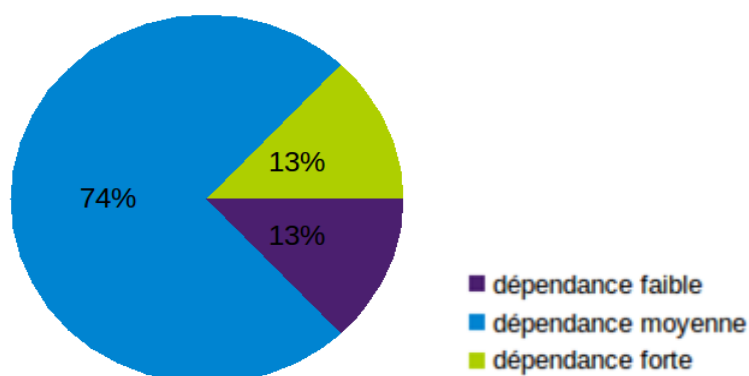


Figure 2 : Degré de dépendance au tabac des 26 sujets.

Le questionnaire sur les habitudes des sujets concernant la cigarette, le café et le sommeil montre qu'en moyenne, les sujets ont fumé  $2.46 \pm 2.21$  cigarettes et bu  $1.23 \pm 0.95$  café avant l'expérience. Sur les 26 sujets, 38 % disent avoir fumé moins de cigarettes qu'à leur habitude le jour de l'expérience et 3.5 % en ont fumé plus que d'habitude ; 26 % des sujets ont bu moins de café qu'habituellement avant de passer l'expérience tandis que 7.7% en ont bu plus que d'habitude. Les sujets ont dormi en moyenne  $7.57 \pm 1.76$  heures le jour précédant l'expérience. Sur les 26 sujets, 50 % avaient dormi moins que d'habitude et 4% avaient au contraire dormi plus que d'habitude.

## 3.2 Mouvements oculaires

Les mouvements oculaires ont été analysés pour les 4 aires d'intérêt définies pour chaque stimulus (« demi T », « image T », « demi N », « image N ») à l'aide des 5 paramètres choisis (DT, NDT, GC, FC et FT). Le DT et le NDT indiquent si un sujet a passé plus de temps à regarder une aire d'intérêt au cours de l'expérience. Le GC indique si les sujets ont fait des saccades en direction d'une aire d'intérêt. Le FC et le FT indiquent ce qu'il s'est passé lorsqu'un individu regardait une aire d'intérêt ; le FC indique s'il a beaucoup exploré l'aire d'intérêt et le FT indique combien de temps il a passé à fixer une aire d'intérêt. Les données obtenues lors de la présentation des images de tabac et de nature, et les données obtenues lors de la présentation des croix centrales seules ont été analysées séparément afin de voir si le comportement des participants a changé en fonction de la présence ou non des images en lien avec le tabac et la nature. Il est intéressant d'observer le comportement des participants lors de la présentation des croix centrales seules en particulier, afin de voir s'ils étaient influencés par les images vues précédemment lors de la présentation du stimulus avec les images en lien avec le tabac et la nature ou s'ils avaient plus de facilité à fixer la croix centrale lorsqu'il n'y avait pas de stimulus visuel en périphérie de leur champ visuel.

### 3.2.1 *Mouvements oculaires lors de la présentation des images de tabac et de nature*

Le t-test montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes des différents paramètres des mouvements oculaires pour les aires d'intérêt « image T » (DT :  $t=1.377$  ;  $p=0.181$ , NDT :  $t=1.261$  ;  $p=0.219$ , GC :  $t=1.115$  ;  $p=0.275$ , FC :  $t=1.118$  ;  $p=0.274$ , FT :  $t=1.391$  ;  $p=0.176$  ) et « demi T » (DT :  $t=0.007$  ;  $p=0.995$ , NDT :  $t=0.005$  ;  $p=0.996$ , GC :  $t=1.134$  ;  $p=0.268$ , FC :  $t=0.109$  ;  $p=0.914$ , FT :  $t=0.046$  ;  $p=0.963$ ) lors de la présentation des images en lien avec le tabac et la nature.

La figure ci-dessous (*Figure 3*) montre une carte des mouvements oculaires faits par un sujet pendant la présentation d'un stimulus. Le cercle indique où le regard du sujet était concentré, avec un dégradé de couleurs : plus c'est rouge, plus le sujet a passé de temps sur l'endroit. Ici, le sujet a principalement regardé la croix centrale pendant la durée de la présentation du stimulus (4 secondes). Cette figure illustre donc le fait qu'il n'y a pas de différence

significative dans la direction des mouvements oculaire entre les images en lien avec le tabac et la nature.

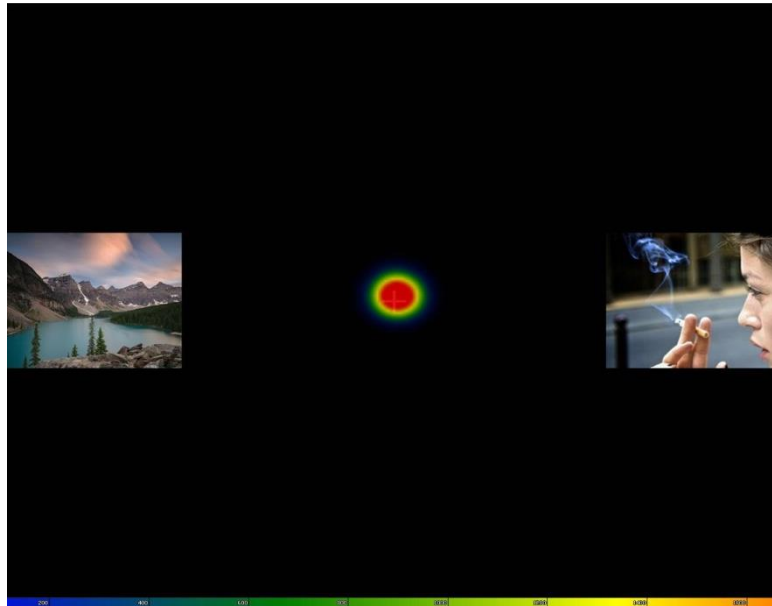


Figure 3 : carte des mouvements oculaires faits pendant la présentation d'un stimulus. Plus c'est rouge, plus le sujet a fixé un endroit. Ici, le sujet a fixé principalement la croix centrale pendant la durée de la présentation du stimulus (4 secondes).

### 3.2.2 Mouvements oculaires lors de la présentation des croix centrales seules

Le t-test montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes des différents paramètres des mouvements oculaires pour les aires d'intérêt « image T » (DT :  $t=0.118$  ;  $p=0.907$ , NDT :  $t=0.262$  ;  $p=0.796$ , GC :  $t=0.086$  ;  $p=0.932$ , FC :  $t=0.721$  ;  $p=0.478$ , FT :  $t=0.186$  ;  $p=0.854$ ) et « image N » (DT :  $t=1.386$  ;  $p=0.178$ , NDT :  $t=1.118$  ;  $p=0.246$ , GC :  $t=1.678$  ;  $p=0.106$ , FC :  $t=1.010$  ;  $p=0.322$ , FT :  $t=1.364$  ;  $p=0.185$ ) lors de la présentation des croix centrales seules.

## 3.3 Corrélations

### 3.3.1 Corrélations avec la CDS-12

Il n'y a pas de corrélation statistiquement significative entre les moyennes des différents paramètres des mouvements oculaires pour les aires d'intérêt « demi T » (DT :  $r=-0.281$  ;  $p=0.164$ , NDT :  $r=-0.189$  ;  $p=0.354$ , GC :  $r=0.296$  ;  $p=0.141$ , FC :  $r=0.116$  ;  $p=0.571$ , FT :  $r=-0.289$  ;  $p=0.152$ ) et « image T » (DT :  $r=0.117$  ;  $p=0.568$ , NDT :  $r=0.138$  ;  $p=0.503$ , GC :  $r=0.222$  ;  $p=0.275$ , FC :  $r=0.176$  ;  $p=0.389$ , FT :  $r=-0.120$  ;  $p=0.559$ ) et le degré de dépendance au tabac mesuré à l'aide de la CDS-12.

Cependant, des corrélations ont pu être établies avec 4 questions de la CDS-12. Il existe une corrélation statistiquement significative entre la direction des mouvements oculaires et le temps passé dès le réveil avant la première cigarette. Plus les sujets fument leur première cigarette longtemps après le réveil, plus ils ont fait de mouvements oculaires en direction de l'aire d'intérêt « image T » avec un GC ( $r=0.419$  ;  $p=0.033$ ), un FC ( $r=0.409$  ;  $p=0.038$ ) et un FT ( $r=0.409$  ;  $p=0.038$ ) significativement plus élevés en direction de cette aire d'intérêt lors de la présentation des croix centrales seules. Il existe également une corrélation statistiquement significative entre la direction des mouvements oculaires et la difficulté à arrêter de fumer. Plus les sujets rapportent qu'arrêter de fumer serait difficile pour eux, plus ils ont fait plus de mouvements oculaires en direction de l'aire d'intérêt « image T » avec un GC ( $r=0.390$  ;  $p=0.049$ ) significativement élevé en direction de cette aire d'intérêt, lors de la présentation des croix centrales seules. Une corrélation statistiquement significative est également à relever entre la direction des mouvements oculaires et le besoin de fumer. Plus les sujets rapportent besoin important de fumer lorsqu'ils n'ont pas fumé pendant quelques heures, plus ils ont fait plus de mouvements oculaires en direction de l'aire d'intérêt « image T » avec un DT ( $r=0.429$  ;  $p=0.029$ ), un GC ( $r=0.448$  ;  $p=0.022$ ), un FC ( $r=0.439$  ;  $p=0.025$ ) et un FT ( $r=0.430$  ;  $p=0.028$ ) significativement plus élevés pour cette aire d'intérêt, lors de la présentation des images de tabac et de nature. Finalement, plus les sujets disent avoir l'impression de fumer tout le temps, plus ils ont fait de mouvements oculaires en direction de l'aire d'intérêt « image T » avec un DT ( $r=0.395$  ;  $p=0.046$ ), un GC ( $r=0.398$  ;  $p=0.05$ ), un FC ( $r=0.392$  ;  $p=0.048$ ) et un FT ( $r=0.395$  ;  $p=0.046$ ) significativement élevés pour cette aire d'intérêt, lors de la présentation des croix centrales seules.

### *3.3.2 Corrélations avec le questionnaire sur la consommation de cigarettes*

Il n'y a pas de corrélation statistiquement significative ( $p>0.05$ ) entre les moyennes des différents paramètres des mouvements oculaires pour les aires d'intérêt « demi T » et « image T » et le fait de fumer moins de cigarettes que d'habitude.

### *3.3.3 Corrélations avec le questionnaire sur la consommation de café*

Il n'y a pas de corrélation statistiquement significative ( $p>0.05$ ) entre les moyennes des différents paramètres des mouvements oculaires pour les aires d'intérêt « demi T » et « image T » et le fait de boire plus ou moins de café que d'habitude.

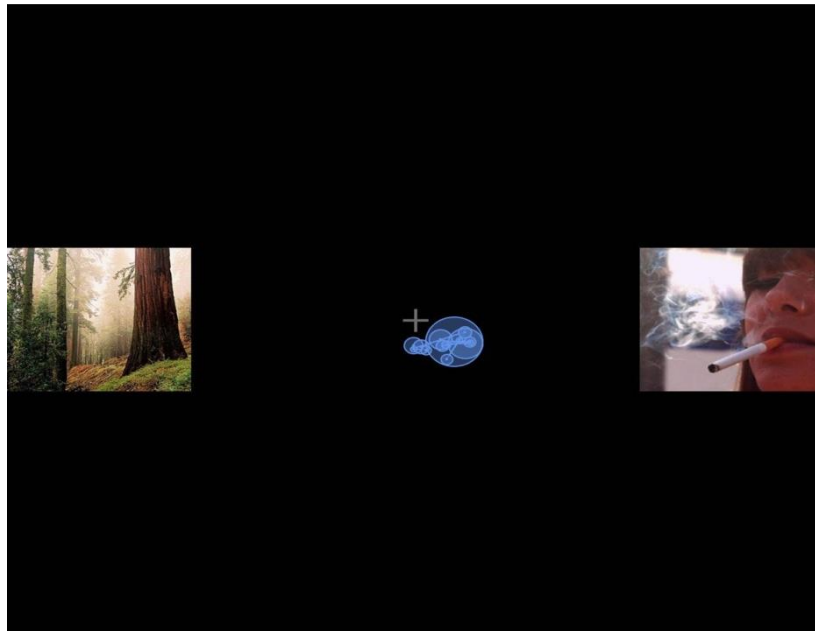
### *3.3.4 Corrélations avec le questionnaire sur le sommeil*

Les sujets ayant dormi le moins d'heures ont fait significativement plus de mouvements oculaires en direction de l'aire d'intérêt « demi T » avec un DT ( $r=-0.425$  ;  $p=0.030$ ) et un NDT ( $r=0.453$  ;  $p=0.020$ ) plus élevés en direction de cette aire d'intérêt, lors de la présentation des images en lien avec le tabac et la nature. De même, lors de la présentation des croix centrales seules, ces sujets ont fait plus de mouvements oculaires en direction de



cette aire d'intérêt « demi T » avec un DT ( $r=-0.404$  ;  $p=0.041$ ), un NDT ( $r=-0.413$  ;  $p=0.036$ ) et un FC ( $r=-0.421$  ;  $p=0.032$ ) significativement plus élevés en direction de cette aire d'intérêt. Ceci signifie que moins les sujets ont dormi, plus ils ont regardé la moitié de l'écran comprenant l'image en lien avec le tabac, que celle-ci soit présente ou non. Lorsque l'image en lien avec le tabac n'était pas présente, ces sujets ont plus exploré cette moitié d'écran « demi T » où précédemment, lors de la présentation du stimulus avec les images en lien avec le tabac et la nature, l'image en lien avec le tabac était présente.

La figure ci-dessous (*Figure 4*) illustre les mouvements oculaires d'un sujet ayant dormi 5 heures avant de passer l'expérience et ayant quantifié ce nombre d'heures comme étant beaucoup trop court. Les mouvements oculaires, représentés par des lignes, ainsi que les fixations, représentées par des cercles, sont illustrés ici. Plus une fixation était longue, plus le cercle de fixation est grand. Cette figure montre que le sujet a fait plus de mouvements oculaires et a passé plus de temps dans la moitié de l'écran où se trouve l'image en lien avec le tabac, ce qui correspond à l'aire d'intérêt « demi T ».



*Figure 4 : « scan path » (balayage) des mouvements oculaires d'un sujet ayant dormi 5 heures la nuit précédant l'expérience. Les mouvements oculaires (lignes) et les fixations oculaires (cercles) sont principalement dans la moitié de l'écran où se trouve l'image de tabac, correspondant à l'aire d'intérêt « demi T ».*

### **3.4 Microsaccades**

La comparaison des moyennes des microsaccades produites par tous les sujets montre que les sujets ont fait un nombre comparable de microsaccades en direction des images en lien avec le tabac ( $62.04 \pm 38.38$ ) et en direction des images en lien avec la nature ( $62.42 \pm 37.01$ ).

Le t-test montre qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre la moyenne des microsaccades produites en direction des images en lien avec le tabac et la moyenne des microsaccades produites en direction des images en lien avec la nature ( $t=0.176$ ;  $p=0.862$ ).

## **4 Discussion**

### **4.1 Représentativité de l'échantillon**

Le recrutement des sujets s'étant fait dans notre entourage, il n'y a pas de répartition égale entre les différents types de fumeurs (CDS-12). Il y a largement plus de fumeurs ayant une dépendance moyenne avec une sous-représentation des fumeurs ayant une dépendance faible et forte.

Par ailleurs, deux sujets fumaient des cigarettes roulées et n'étaient donc probablement pas autant attirés que les autres fumeurs par les images de cigarettes commerciales utilisées dans les stimuli.

Cette étude incluait peu de sujets ( $n=30$ ), ce qui peut avoir un impact sur le résultat des statistiques.

### **4.2 Limitations de la méthodologie**

Il n'existe actuellement aucun outil permettant de mesurer l'addiction. La CDS-12, utilisée dans cette étude, est une échelle permettant d'évaluer la dépendance et non l'addiction au tabac. Il est donc difficile de dire si les sujets ayant participé à cette étude étaient tous réellement addicts ou seulement dépendants au tabac. Ceci a eu un impact sur les hypothèses posées et les résultats obtenus, car les mécanismes neurobiologiques de l'addiction et de la dépendance ne sont pas les mêmes, une grande différence étant le système dopaminergique, qui est perturbé dans l'addiction (Nestler, 2005 ; Volkow et al., 2010) mais pas dans la dépendance. Ainsi les individus addicts et dépendants ne se comportent pas de la même manière lorsqu'ils sont face à un stimulus un lien avec leur substance. Le manque de résultats obtenus globalement lors de cette expérience pourrait être dû au fait que nos sujets n'étaient pas addicts mais dépendants au tabac.

Les images en lien avec la nature utilisées comme images contrôles à opposer aux images en lien avec le tabac ne sont probablement pas assez neutres. Si nos sujets ne sont pas addicts au

tabac mais seulement dépendants, les modèles de l'addiction, notamment le modèle de Robinson et Berridge, 1993 (Mogg et al., 2005), ne s'appliquent pas. La présence d'indices liés au tabac n'induit pas de libération de dopamine dans le cerveau d'une personne dépendante et de ce fait n'induit pas un état de « craving ». Les sujets dépendants ne sont donc pas autant attirés par les images en lien avec le tabac que le seraient des individus addicts. Les individus dépendants pourraient être autant attirés par certaines images représentant la nature que par certaines images en lien avec le tabac.

L'aire d'intérêt « demi T » englobe l'aire d'intérêt « image T » et l'aire d'intérêt « demi N » englobe l'aire d'intérêt « image N ». Ceci signifie que nous sommes en réalité intéressés à l'intention de réaliser un mouvement oculaire plus qu'à la réalisation du mouvement oculaire en soi. De ce fait, les mouvements mesurés dans les aires d'intérêt « demi » peuvent être des mouvements indiquant une intention aboutie, mais non statistiquement significative, de regarder l'image ou une intention non-aboutie de regarder l'image.

### **4.3 Mouvements oculaires**

Nous n'avons pas relevé de différence significative dans la direction des mouvements oculaires des sujets entre les images en lien avec le tabac et les images en lien avec la nature présentées au cours de l'expérience. Ces résultats obtenus ne correspondent pas aux résultats attendus. En effet, nous nous attendions à observer des mouvements oculaires en direction des images en lien avec le tabac surtout, et éventuellement en direction des images en lien avec la nature, malgré la consigne disant de fixer la croix centrale pendant toute la durée de l'expérience. Pastukhov et Braun (2010) postulent que l'allocation de l'attention dépend de la difficulté de la tâche à accomplir. Plus une tâche est difficile, plus elle requiert de l'attention de la part du sujet ; l'attention de l'individu qui n'est pas dirigée sur la tâche à effectuer, l'attention « covert », pouvant être dirigée ailleurs dans son environnement. Dans notre expérience, la tâche principale, qui était de fixer une croix centrale pendant toute la durée de l'expérience, était simple. De ce fait, il est probable que l'attention « covert » des sujets était dirigée ailleurs que sur la croix centrale, notamment sur les images en lien avec le tabac et la nature qui se trouvaient en périphérie de l'écran. Cependant, ces images étant complexes, elles auraient demandé une grande attention de la part des sujets s'ils avaient eu envie de voir précisément ce qui se trouvait sur les images. Les sujets auraient donc dû y porter leur attention « overt », c'est-à-dire qu'ils auraient dû faire des mouvements oculaires, notamment des saccades, en direction de ces images afin de pouvoir les détailler, ce que nous n'avons pas observé en analysant la direction de leurs mouvements oculaires. Nos résultats pourraient être expliqués par le fait que nos sujets pourraient ne pas être addicts.

## 4.4 Corrélations

### 4.4.1 *Corrélations avec la CDS-12*

Les résultats obtenus montrent qu'il n'y a pas de corrélation statistiquement significative entre le degré de dépendance au tabac des sujets et la direction de leurs mouvements oculaires vers les aires d'intérêt en lien avec le tabac (« demi T » et « image T »). Ces résultats ne correspondent pas à ce que l'on s'attendait à obtenir d'après la théorie de Mogg et al. (2005). Les auteurs postulent que les fumeurs légers présentent plus de biais attentionnels que les fumeurs modérés à sévères, car ils sont dans une phase d'apprentissage où la présence des indices liés au tabac donne déjà une récompense. Les fumeurs modérés et sévères sont quant à eux dans une phase de l'addiction où leur comportement est automatique, ils sont donc moins sensibles aux indices liés au tabac. Nous aurions donc dû observer des mouvements oculaires, surtout chez les fumeurs avec une faible dépendance au tabac, en direction des indices liés au tabac. Les fumeurs légers étant sous-représentés dans notre échantillon, il est difficile de dire si les résultats obtenus reflètent un manque de corrélation entre les données ou un manque de données disponibles.

Nous avons observé des corrélations entre 4 questions de la CDS-12 et la direction des mouvements oculaires vers les images en lien avec le tabac. Lorsque ces corrélations ont été observées, elles s'observaient dans chaque cas pour l'aire d'intérêt « image T », c'est-à-dire l'image en lien avec le tabac. Il est intéressant de voir que lorsque les sujets dévient leur regard de la croix centrale, ils vont regarder l'image, ou du moins l'emplacement de cette image, et ne se contentent pas simplement de regarder la moitié de l'écran contenant l'image. De plus, pour 3 des 4 questions, les corrélations s'observent lors de la présentation de croix centrales seules, c'est-à-dire lorsque l'image en lien avec le tabac n'est pas présente. Ceci signifie que lorsque les sujets ont dévié leur regard de la croix centrale, ils ont, dans la majorité des cas, regardé l'emplacement où l'image en lien avec le tabac se trouvait précédemment lors de la présentation des stimuli avec les images en lien avec le tabac et la nature et non l'image elle-même. Si l'on s'intéresse aux paramètres d'analyse des mouvements oculaires (DT, NDT, GC, FC et FT), on remarque que, pour ces 4 questions de la CDS-12 pour lesquelles nous avons observé une corrélation, il y a une corrélation entre le GC et la direction des mouvements oculaires. Ceci signifie que tous les sujets qui ont fait significativement plus de mouvements oculaires en direction de l'aire d'intérêt « image T » ont fait des saccades sur cette aire d'intérêt avant de revenir sur la croix centrale. Le FC et le FT étaient également significativement plus élevés en direction de l'aire d'intérêt « image T » pour 3 questions sur 4. Ceci signifie que lorsque les sujets ont regardé l'aire d'intérêt « image T », ils ne se contentaient pas d'y jeter un coup d'œil puis de rediriger leur regard sur la croix centrale, mais ils l'observaient et l'exploraient quelques instants. Dans 2 de ces 3 cas, le FC et le FT étaient élevés pour les stimuli avec les croix centrales seules, c'est-à-dire que les sujets ont exploré les emplacements où l'image en lien avec le tabac se trouvait précédemment lors de la présentation des stimuli avec les images en lien avec le tabac et la nature. Ces

corrélations nous montrent que l'attention « covert » des sujets était dirigée sur l'image en lien avec le tabac spécifiquement. Étant donné que la tâche principale (fixer la croix centrale) était facile, les sujets ont porté leur attention « covert » sur leur environnement (Pastukhov et Braun, 2010) et ont remarqué qu'il y avait des indices en lien avec le tabac en périphérie de l'écran. Il est intéressant de noter que c'est lorsque les croix centrales seules sont présentes que les sujets ont fait le plus de mouvements oculaires en direction de l'aire d'intérêt « image T » ; les sujets n'ont donc pas regardé l'image elle-même. On peut supposer que la présence de l'image en lien avec le tabac rappelle la consigne au sujet, qui est de fixer la croix centrale, et de ce fait, le fait se concentrer sur cette tâche. Lorsque l'image n'est plus là, le sujet relâche l'inhibition de son regard et de ce fait, son regard se porte vers l'image en lien avec le tabac ; le sujet fait donc plus de mouvements oculaires sur l'aire d'intérêt « image T » où l'image en lien avec le tabac se trouvait précédemment.

#### *4.4.2 Corrélations avec le questionnaire sur la consommation de cigarettes*

Il n'y a pas de corrélation statistiquement significative entre la direction des mouvements oculaires et le fait d'avoir fumé moins de cigarettes que d'habitude avant de passer l'expérience, comme l'on pourrait supposer d'après les conclusions de l'étude de Begh et al. (2013) sur le lien entre le « craving » et les biais attentionnels. Selon cette étude, le « craving » est une cause et une conséquence des biais attentionnels. Une personne en manque de sa substance est plus sensible aux indices qui y sont liés, et une personne qui porte son attention sur ces indices ressent une envie importante de consommer sa substance. Les fumeurs de notre étude, n'ayant pas fumé pendant minimum deux heures avant de passer l'expérience, devraient donc être en manque de nicotine et de ce fait être plus sensibles aux indices liés à cette substance. Nous n'observons pas cette tendance dans notre étude, néanmoins, seuls 38% des sujets avaient fumé moins qu'à leur habitude avant de passer l'expérience. Ceci signifie que la majorité des sujets n'était pas en état de manque susceptible de créer un état de « craving », et de ce fait, ces sujets n'étaient pas rendus plus sensibles aux images en lien avec le tabac. De plus, il serait intéressant d'augmenter la durée de l'abstinence afin d'augmenter l'envie de consommer.

#### *4.4.3 Corrélations avec le questionnaire sur le sommeil*

Nos résultats montrent qu'il existe une corrélation statistiquement significative entre le fait de dormir peu et la direction des mouvements oculaires vers les indices en lien avec le tabac. En effet, moins les sujets ont dormi d'heures la nuit précédant l'expérience, plus ils ont fait de mouvements oculaires en direction de l'aire d'intérêt « demi T ». Les sujets ont plus observé cette aire d'intérêt pendant toute la durée de l'expérience, c'est-à-dire pendant la présentation des images en lien avec le tabac et la nature ainsi que lors de la présentation des croix centrale seules. Il est intéressant de noter que le FC est significativement élevé pour l'aire d'intérêt « demi T » uniquement lors de la présentation des croix centrales seules, ce qui signifie que les sujets ont plus exploré cette aire d'intérêt lorsque l'image en lien avec le tabac n'était pas

présente. On peut ici également supposer que du fait que l'image en lien avec le tabac n'est plus présente, les sujets relâchent leur concentration à fixer la croix centrale et ainsi font des mouvements oculaires en direction de l'emplacement de l'image en lien avec le tabac. Cette observation également s'explique par la théorie de Pastukhov et Braun (2010) expliquant la soudaine ré allocation de l'attention « covert » à l'exploration des aires d'intérêt. Dans ce cas aussi, le regain d'intérêt porté à l'aire d'intérêt « demi T » lorsqu'il n'y a plus d'image peut être expliquée le relâchement du respect de la consigne en l'absence des images. Cependant, dans ce cas, le FC est corrélé avec l'aire d'intérêt « demi T » et non l'aire d'intérêt « image T ». Les sujets n'ont donc pas significativement plus regardé l'image ou son emplacement mais la moitié de l'écran où l'image en lien avec le tabac était précédemment montrée, lors de la présentation des stimuli avec les images en lien avec le tabac et la nature. Il est donc difficile de dire si ces mesures reflètent une intention aboutie mais non statistiquement significative de regarder l'image en lien avec le tabac ou simplement une intention non-aboutie et statistiquement significative.

#### **4.5 Microsaccades**

Selon Yuval-Greenberg et al. (2014), les microsaccades se produisent lorsqu'il y a un changement de la direction de l'attention « covert ». Begh et al. (2013) postule que les personnes addictes allouent leur attention préférentiellement vers des indices qu'ils associent à leur substance. Ces deux théories nous conduisent à poser l'hypothèse suivante : dans cette étude, les sujets, qui sont addicts au tabac, devraient allouer leur attention préférentiellement dans la direction des indices liés à cette substance, c'est-à-dire dans la direction des images en lien avec le tabac. De ce fait, leur attention « covert » devrait aller vers ces images. De plus, selon Pastukhov et Braun (2010), lorsque un objet de l'environnement attire suffisamment l'attention d'un individu pour qu'il y soit attentif mais pas assez pour qu'il fasse une saccade en direction de l'objet, il effectuera une microsaccade. Si les sujets avaient porté leur attention « covert » sur les images en lien avec le tabac, ils auraient dû faire des microsaccades dans cette direction. Cependant, les résultats obtenus avec notre expérience ne confirment pas cette hypothèse. En effet, il n'y avait pas de différence statistiquement significative dans la direction des microsaccades entre les aires d'intérêt en lien avec le tabac et les aires d'intérêt en lien avec la nature. Le fait que nos sujets n'étaient peut-être pas addicts pourrait expliquer que nous n'ayons pas obtenu les résultats escomptés.

### **5 Conclusion**

Le but de cette étude était d'évaluer si les microsaccades peuvent être utilisées dans la pratique clinique pour mesurer les biais attentionnels chez des individus polyaddicts afin de déterminer l'addiction étant le plus à risque de faire rechuter cet individu, et ainsi de traiter cette addiction en premier lieu.

Nos résultats nous indiquent qu'il est difficile de mesurer les microsaccades et surtout de mesurer les biais attentionnels à l'aide des microsaccades. Une limitation importante lors de cette expérience était le fait que les sujets n'étaient probablement pas tous addicts au tabac, mais qu'une partie était seulement dépendante. De ce fait, les hypothèses formulées sur la base d'articles en lien avec l'addiction ne s'appliquaient en réalité pas aux résultats obtenus.

Il n'est actuellement pas envisageable d'utiliser les microsaccades dans la pratique clinique chez des individus addicts. Il serait intéressant de développer des moyens permettant de mesurer plus simplement et de manière fiable les microsaccades afin de pouvoir potentiellement utiliser cet outil en clinique.

Lors de mon stage en psychiatrie de l'addiction, j'ai constaté des traits présentés par les patients qui peuvent être expliqués par des biais dans l'attention. En particulier, j'ai observé leur focalisation sur leur substance, que ce soit lorsqu'ils la consomment ou lorsqu'ils ont envie d'arrêter ; leur attention étant primordialement focalisée sur leur produit, contrairement à des sujets libres de toute addiction. A cette occasion, j'ai pu constater leur difficulté à percevoir leur situation de manière rationnelle. C'est en entendant les récits de certains patients que j'ai pu me rendre compte de l'ampleur de la difficulté qu'éprouve les patients dans leur vie en raison des biais attentionnels.

## 6 Références

- Balland B, Lüscher C. Addiction : from learning to compulsion. *Psychiatr Sci Hum Neurosci*. 2009;6:1-8
- Begh R, Munafò MR, Shiffman S, Ferguson SG, Nichols L, Mohammed MA, et al. Attentional bias retraining in cigarette smokers attempting smoking cessation (ARTS): study protocol for a double blind randomised controlled trial. *BMC Public Health*. 2013;13:1176.
- Belin D, Belin-Rauscent A, Murray JE, Everitt BJ. Addiction: failure of control over maladaptive incentive habits. *Current Opinion in Neurobiology*. août 2013;23(4):564-72.
- Crabbe JC. Genetic Contributions to Addiction. *Annual Review of Psychology*. 2002;53(1):435-62.
- G E, A A, R H. Nomenclature and classification of drug- and alcohol-related problems: a WHO Memorandum. *Bull World Health Organ*. déc 1980;59(2):225-42.
- Goldstein RZ, Craig AD (Bud), Bechara A, Garavan H, Childress AR, Paulus MP, et al. The Neurocircuitry of Impaired Insight in Drug Addiction. *Trends Cogn Sci*. sept 2009;13(9):372-80.
- Kalivas PW, O'Brien C. Drug Addiction as a Pathology of Staged Neuroplasticity. *Neuropsychopharmacology*. 5 sept 2007;33(1):166-80.
- Koob GF, Le Moal M. Neurobiological mechanisms for opponent motivational processes in addiction. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 12 oct 2008;363(1507):3113-23.
- Krönke K-M, Wolff M, Benz A, Goschke T. Successful smoking cessation is associated with prefrontal cortical function during a Stroop task: A preliminary study. *Psychiatry Res*. 30 oct 2015;234(1):52-6.
- Marinelli M, Piazza PV. Interaction between glucocorticoid hormones, stress and psychostimulant drugs\*. *European Journal of Neuroscience*. 1 août 2002;16(3):387-94.
- Martinez-Conde S, Otero-Millan J, Macknik SL. The impact of microsaccades on vision: towards a unified theory of saccadic function. *Nat Rev Neurosci*. févr 2013;14(2):83-96.
- McLellan A, Lewis DC, O'Brien CP, Kleber HD. Drug dependence, a chronic medical illness: Implications for treatment, insurance, and outcomes evaluation. *JAMA*. 4 oct 2000;284(13):1689-95.
- Mogg K, Field M, Bradley BP. Attentional and approach biases for smoking cues in smokers: an investigation of competing theoretical views of addiction. *Psychopharmacology (Berl)*. juill 2005;180(2):333-41.
- Nestler EJ. Is there a common molecular pathway for addiction? *Nat Neurosci*. nov 2005;8(11):1445-9.
- Pastukhov A, Braun J. Rare but precious: microsaccades are highly informative about attentional allocation. *Vision Res*. 11 juin 2010;50(12):1173-84.
- Rolfs M. Microsaccades: small steps on a long way. *Vision Res*. oct 2009;49(20):2415-41.
- Volkow ND, Wang G-J, Fowler JS, Tomasi D, Telang F, Baler R. Addiction: decreased reward sensitivity and increased expectation sensitivity conspire to overwhelm the brain's control circuit. *Bioessays*. sept 2010;32(9):748-55.
- Yuval-Greenberg S, Merriam EP, Heeger DJ. Spontaneous microsaccades reflect shifts in covert attention. *J Neurosci*. 8 oct 2014;34(41):13693-700.