

Mémoire de Maîtrise en médecine No 2038

Influence of attentional biases on time perception in smokers

Etudiant

Nicolas Hagon

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 médecine, UNIFR

Lausanne, 2015

Lausanne 2015

UNIL, Faculté de biologie et de médecine,
Travail de maîtrise universitaire

Titre en anglais Influence of attentional biases on time perception in smokers
Nicolas Hagon, Pr. Jacques Besson, Dr Jeremy Grivel

Objectif : Le but de ce travail est d'évaluer l'effet des images évocatrices de la consommation de cigarettes sur la perception du temps.

Méthodologie: Revue de la littérature existante. Questionnaire d'évaluation de la dépendance et tâche psychométrique de reproduction de durée sur une cohorte de trente sujets fumeurs. Analyses statistiques. Discussion

Résultats: Nos résultats confirment qu'il existe une modification de la perception du temps pour des images évocatrices de la consommation de cigarettes par rapport à des images neutres chez des fumeurs. La durée de présentation des images neutres est en effet fortement sous-évaluée par rapport aux images de cigarettes. Nous n'avons cependant pas pu montrer de corrélation statistiquement significative entre les évaluations subjectives en terme de valence et la perception de la durée de présentation de ces mêmes images par les participants. Les résultats montrent par contre un effet de prolongation de la perception temporelle durant plusieurs minutes après la vision des images de cigarettes.

Conclusion : Ce travail permet de montrer que les fumeurs peuvent avoir une perception altérée de la durée de présentation de stimuli liés à la cigarette et d'envisager le rôle de ce phénomène en termes cliniques.

Mots clés : addiction – perception du temps – biais attentionnel – cigarette – dépendance

Introduction

La perception du temps dépend de mécanismes complexes. Plusieurs théories opposées ou complémentaires ont émergé mais, à ce jour, aucune ne s'est imposée comme unique. Nous allons néanmoins essayer de résumer les principes fondamentaux les mieux acceptés au sein de la communauté scientifique pour permettre au lecteur une meilleure compréhension de notre expérience.

Le temps et sa perception en psychophysiologie sont généralement divisés en 3 groupes distincts : le timing en millisecondes (*millisecond timing*), le timing en intervalle (*interval timing*) et le timing circadien (*circadian timing*). Le *millisecond timing*, regroupe les durées entre la milliseconde et la seconde (1000 ms). Il dépend de mécanismes cérébelleux automatiques et ne va pas nous intéresser dans ce travail. L'*interval timing* dépend de mécanismes plus complexes comme les circuits corticaux-striataux et les neurones dopaminergiques. Il regroupe l'intervalle entre la seconde et quelques heures. C'est ce dernier qui nous intéresse dans l'expérience que nous menons. Et enfin, le *circadian timing* regroupe des activités avec des cycles beaucoup plus longs, de l'ordre de 24 heures et dépend, par exemple, du noyau suprachiasmatique et des cycles veille-sommeil (Buhusi et Meck, 2005). Malgré la compréhension encore partielle que nous avons du traitement temporel dans le cerveau, plusieurs zones impliquées dans ce processus ont été identifiées. Parmi elles figurent le cervelet (Ivry et Spencer, 2004), les circuits frontaux-striataux (Harrington, 2004 ; Hinton et Meck, 2004), le cortex pariétal postérieur droit (Buetti, 2008) et le cortex préfrontal droit (Rubia et Smith 2004 ; Lewis et Miall, 2006).

Il y a deux façons de mesurer le temps perçu par un individu : le *prospective timing* et le *retrospective timing*. Le premier implique que l'individu sache à l'avance qu'on lui demande d'évaluer une durée, tandis que le deuxième signifie que l'individu doit évaluer une durée s'étant déjà déroulée, sans avoir eu connaissance de ce qu'on lui demanderait de faire (Allman et Beck, 2011). Dans l'expérience que nous allons effectuer, nous utiliserons le *prospective timing*.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, aucune théorie concernant la perception temporelle ne s'est imposée jusqu'ici comme unique ; néanmoins, la plus répandue actuellement est le modèle pacemaker-accumulateur. Ce dernier est basé sur l'hypothèse de l'existence d'une horloge interne qui, à la manière d'un pacemaker, enverrait des impulsions dans un accumulateur qui stockerait ces informations temporairement (Buhusi et Meck, 2005). Les

impulsions ainsi générées sont intégrées au moment de la présence d'un stimulus sensoriel. Ce modèle, assez simple, présente l'avantage d'expliquer logiquement la perception du temps et ses possibles déformations, mais il n'a pas trouvé un grand support au niveau physiologique qui permettrait de corroborer son existence (Eagleman et Pariyadath, 2009).

Un modèle alternatif, lui aussi débattu, fait l'hypothèse que le temps pourrait être encodé par des ensembles de neurones évoluant au cours du temps. Prenons l'exemple d'un stimulus visuel perçu par un individu à un temps donné. Le signal arrivant au cortex visuel activerait tout d'abord un ensemble de neurones. Après 100ms, d'autres neurones seraient activés et ainsi de suite au fil du temps. En somme, la façon dont le réseau de connexion évolue coderait pour le temps lui-même (Eagleman et Pariyadath, 2009).

Les deux précédents modèles sont pertinents mais ils ne permettent pas d'expliquer la variabilité interindividuelle : en somme, pourquoi certaines personnes perçoivent le temps de manière plus ou moins rapide que d'autres. Un modèle, encore très théorique et peu validé expérimentalement permet d'expliquer en partie cette variabilité : la *Scalar expectancy theory* ou *Scalar timing theory*. Il se base sur la loi de Weber, que nous allons expliquer pour la bonne compréhension de cette théorie du *timing scalaire*.

La loi de Weber met en relation une sensation et l'intensité du stimulus perçu dans une formule mathématique. De cette loi, on déduit un seuil différentiel (exprimé en %) qui, selon le principe de Weber, reste constant quelque soit la variabilité du stimulus. Prenons deux objets de poids différents : un objet A de 10 kilos et un objet B de x kilos (plus lourd que l'objet A). On peut déterminer expérimentalement jusqu'à quel seuil on va pouvoir différencier le poids de l'objet A de celui de l'objet B. Si on détermine qu'on peut différencier les deux objets pour autant que l'objet B fasse au minimum 11 kilos. Le seuil différentiel est alors de $1/10$, soit 10%. Selon la loi de Weber, ce seuil est le même qu'importe la valeur des poids, il sera donc également de 10% pour un objet de 100 kilos. On pourra donc différencier deux objets de 100 et 110 kilos mais pas si les deux poids sont plus proches. Cette règle s'applique pour tout autre stimulus, qu'il soit par exemple auditif ou visuel, mais aussi pour la perception du temps. Ainsi la discrimination du temps entre 1 et 3 secondes est bien plus aisée qu'entre 61 et 63 secondes.

La théorie du *timing scalaire* divise le système d'intégration temporel (codage) en 3 parties : l'horloge, la mémoire et la décision. La première partie, l'horloge, reprend le principe du modèle pacemaker-accumulateur déjà détaillé plus haut. Elle dépend fortement de l'attention du sujet. Les informations de cet accumulateur sont ensuite transférées au niveau de la mémoire de

travail ou mémoire à court terme (deuxième étape). Cette dernière stocke, par exemple, un numéro de téléphone que l'on doit recopier mais ne permet pas de garder l'information à long terme. C'est la mémoire de référence qui permet de garder des informations sur le long terme. Au moment où ces signaux, transmis dans la mémoire à court terme, acquièrent une nouvelle importance (par exemple par un changement dans l'environnement), ils vont être transférés dans la mémoire à long terme. Les informations stockées dans cette mémoire de référence se transforment en « règles ». Elles permettent des décisions similaires à celles effectuées pour lors de la première expérience et sont mises en mémoire à long terme. Lorsque le stimulus et sa durée sont expérimentés à nouveau, et ce pour autant que l'accumulateur atteigne ou dépasse un certain seuil, le sujet prendra automatiquement une décision similaire (troisième étape). Cette théorie suppose que la mémoire de référence contienne une panoplie de valeurs d'accumulateurs stockées et que cette distribution de valeurs soit la source de la variabilité scalaire. En somme, les différences interindividuelles de perception du temps peuvent être expliquées par des altérations de la fonction au niveau d'une de ces trois étapes (horloge, mémoire, décision) ainsi qu'au niveau de l'attention (Allman et Meck, 2011).

On ne peut pas parler de la perception du temps sans parler de l'effet de suppression causé par les répétitions. En effet, l'amplitude des réponses neuronales au niveau du cortex diminue rapidement lors de la présentation d'un stimulus répété. On a émis l'hypothèse que la différence de réponse cérébrale entre un nouveau stimulus et un stimulus répété influence la durée perçue : un stimulus répété conduit à une perception du temps raccourcie. Le temps peut aussi être influencé par l'intensité lumineuse. En effet, plus un objet sera luminescent, plus la durée de son apparition sera perçue comme longue (Eagleman et Pariyadath, 2010).

Le système dopaminergique joue un rôle central dans la perception du temps (Meck, 1996 ; Rammsayer, 1997 ; Nenadic et al., 2003). L'administration d'amphétamine, un agoniste indirect de la dopamine qui en augmente la concentration extracellulaire, conduit à une surestimation d'une période de temps. A l'inverse, l'halopéridol, un antagoniste de la dopamine, induit une sous-estimation d'une période donnée. Les récentes recherches suggèrent que plusieurs structures cérébrales, déjà impliquées dans les processus de récompenses/addictions, ont aussi une fonction de modulation du temps au niveau cérébral (Bermudez et Schultz, 2014). Des modifications au niveau des neurones dopaminergiques de différents circuits sont aussi liées à plusieurs maladies comme la schizophrénie, la maladie de Parkinson, l'autisme ou encore les troubles du déficit de l'attention (Allman et Meck, 2011). Tous ces exemples appuient

l'hypothèse que le traitement du temps au niveau cérébral est modulé par la concentration de dopamine (Ivry et Spencer, 2004).

La dopamine joue aussi un rôle dans le système de récompense impliqué dans la dépendance et l'addiction. La dépendance est l'habitude à une substance psychotrope d'un sujet soumis de manière répétitive à cette dernière. Il va donc lui falloir de plus en plus de cette substance pour pallier à son besoin. La dépendance peut être physique (syndrome de sevrage par exemple) ou psychique. Cette dépendance se retrouve chez toute personne consommant une substance psychotrope, sans exception. Elle est considérée comme normale, par exemple, chez un patient prenant des opioïdes comme analgésique au long cours. A l'inverse, l'addiction ne touche qu'une partie des gens consommant des « drogues ». C'est le comportement d'un individu qui doit se procurer sa substance par tous les moyens possibles, poussé par une envie irrésistible de consommer : le *craving*. Ce besoin pousse l'individu à prendre des décisions compulsives et irréflechies, en dépit des conséquences négatives.

Les individus sujets aux addictions montrent des biais attentionnels, c'est à dire que leurs perceptions sont influencées par leurs propres centres d'intérêt (ici la consommation de substances). Théoriquement, une image évoquant la cigarette devrait, pour un fumeur, activer d'autres voies cérébrales qu'une image neutre par exemple. La nicotine augmente l'activité neuronale de plusieurs zones du cerveau impliquées dans le système d'addiction/récompense, comme le noyau accumbens, l'amygdale, le gyrus cingulaire ou encore les lobes frontaux. La consommation de cigarette augmente aussi l'activité dopaminergique dans les ganglions de la base impliqués dans la perception du temps (Raimo et al, 2000). Avec ces quelques informations, on peut de manière assez logique postuler une influence, pour une personne « addictée à la cigarette », que cette dernière puisse avoir un impact sur la perception du temps. Il faut néanmoins faire la distinction entre l'effet pharmacologique de la nicotine et l'effet sur la mémoire addictive. L'effet pharmacologique est l'effet psychologique immédiat (par exemple augmentation de l'attention) alors que l'effet de mémoire addictive influence le comportement à plus long terme.

Il a déjà été prouvé que les fonctions cognitives (la mémoire de travail, l'attention et la mémoire à long terme) ainsi que l'humeur et les émotions influencent la perception temporelle. Le temps est, par exemple, perçu comme plus long quand les diverses expériences stockées dans la mémoire à long terme sont élevées. Typiquement un fumeur ayant accumulé plusieurs données

dans sa mémoire à long terme, concernant la cigarette, percevra potentiellement le temps comme plus long (Wittmann, 2009).

Méthodologie

En préambule, il est important de rappeler que la passation de l'expérience se déroule sous le contrôle d'un expérimentateur qui en assure le bon déroulement. La recherche se déroule au sein du laboratoire de la section d'addictologie du Service de Psychiatrie communautaire du Centre Hospitalier Universitaire Vaudois.

Participants

L'expérience se déroule sur un collectif de 30 fumeurs (nombre d'hommes= 19; âge moyen=24.10 ans; SD= 3.122). Les critères d'inclusion des sujets pour cette expérience sont une consommation quotidienne d'au moins 5 cigarettes ainsi qu'un âge compris entre 18 et 35 ans. On demande préalablement aux sujets de signer un formulaire de consentement, de remplir un questionnaire sur leur état de santé général ainsi qu'un formulaire de latéralité. Ils sont aussi amenés à remplir le CDS-12 (Cigarette Dependence Scale, Etter, 2003).

Les fumeurs sont invités à ne pas fumer pendant un minimum de 2h avant la passation. Les expériences se déroulent entre 8h et 17h. Dans les questionnaires qu'ils sont invités à compléter, les participants doivent indiquer une consommation d'alcool ou d'autres substances ainsi que toutes circonstances passibles d'affecter leurs capacités à effectuer cette expérience (par ex. privation de sommeil).

Procédure et déroulement

La passation se déroule en 2 étapes. La première est une tâche de reproduction de temps par rapport à des images présentées sur un écran. La deuxième concerne les mêmes images qui sont alors évaluées par les sujets. Ces 2 points vont être repris et détaillés dans les paragraphes suivants. Le design de l'expérience ainsi que les résultats sont enregistrés par le programme E-prime. Un ordinateur nous permet d'enregistrer avec précision les valeurs mesurées.

Les sujets doivent d'abord effectuer une tâche de reproduction de temps. Une image apparaît puis disparaît après un temps déterminé. A sa disparition, les sujets doivent se représenter la durée d'apparition de l'image présentée puis, attendre le temps qu'ils s'imaginent que l'image est restée à l'écran, et ce sans compter. A ce moment, ils appuient sur un bouton. L'image

suivante arrive alors instantanément. Ils répètent alors le même exercice pour les images suivantes.

Un exemple est proposé à chacun des participants avant le début de l'expérience afin qu'ils puissent se familiariser avec la procédure et le matériel. Cette démarche permet de diminuer les biais qui pourraient être liées à une mauvaise compréhension de la consigne et ainsi augmenter la fiabilité des résultats.

Pour les besoins des analyses statistiques, on forme deux groupes d'images de nombre identique : d'un côté, des images évocatrices de cigarette et de l'autre des carrés gris tous identiques. Les 2 groupes d'images sont répartis sur 2 intervalles de temps de 2 et de 5 secondes. Chacun des groupes totalise donc les données de 80 images (40 par intervalle de temps). L'ordre de présentation est le suivant : on présente d'abord 40 fois le carré gris, soit 20 carrés de 2 secondes et 20 carrés de 5 secondes (neutre1). Par la suite, on montre 80 images évoquant la cigarette, soit 40 images de 2 secondes et 40 images de 5 secondes. Pour finir, on remontre une série de 40 carrés gris (neutre2) suivant le même protocole du début de test. A noter que toutes les images sont calibrées de telle sorte que leur luminance soit identique et que les sujets voient défiler ces images dans un ordre aléatoire.

Dans un deuxième temps, les sujets visionnent à nouveau chacune de ces images et les notent sur 3 critères différents que sont l'envie de consommer, la dominance et le plaisir qu'elles procurent. Les évaluations sont sur une échelle de 0 à 6. Ces paramètres permettront de comparer les images entre elles en fonction du ressenti qu'elles évoquent aux sujets.

Résultats

Les données sont compilées dans une base de données puis analysées au moyen du logiciel de statistiques IBM SPSS Statistics.

La première série d'analyses statistiques porte sur la comparaison entre la moyenne des erreurs commises pour les images neutres (présentée avant les images de cigarettes) comparée à celle des images évocatrices de cigarettes. Les erreurs commises sont définies par la différence entre la durée de présentation de l'image (2 ou 5 sec) et l'évaluation faite par les sujets. Ces comparaisons ont été effectuées respectivement pour 2000 et 5000 ms. Nous commençons par présenter les résultats pour les images de 2000 ms. Les erreurs effectuées sur les images neutres sont de $M=-397.1$ ms, $SD=301.9$ ms. Les erreurs pour les images évocatrices de

cigarettes sont de $M=-53.7$ ms, $SD=394.2$. Ces deux conditions sont statistiquement différentes ($p \leq 0.001$).

Concernant les valeurs à 5000 ms, les erreurs effectuées pour les images neutres sont de $M=-1163.5$ ms, $SD=448.9$ ms. Les erreurs pour les images de cigarettes sont de $M=-805.1$ ms, $SD=447.2$ ms. Ces deux conditions sont elles aussi statistiquement différentes ($p \leq 0.001$). Ces différents résultats sont présentés graphiquement dans la figure ci-dessous (figure 1).

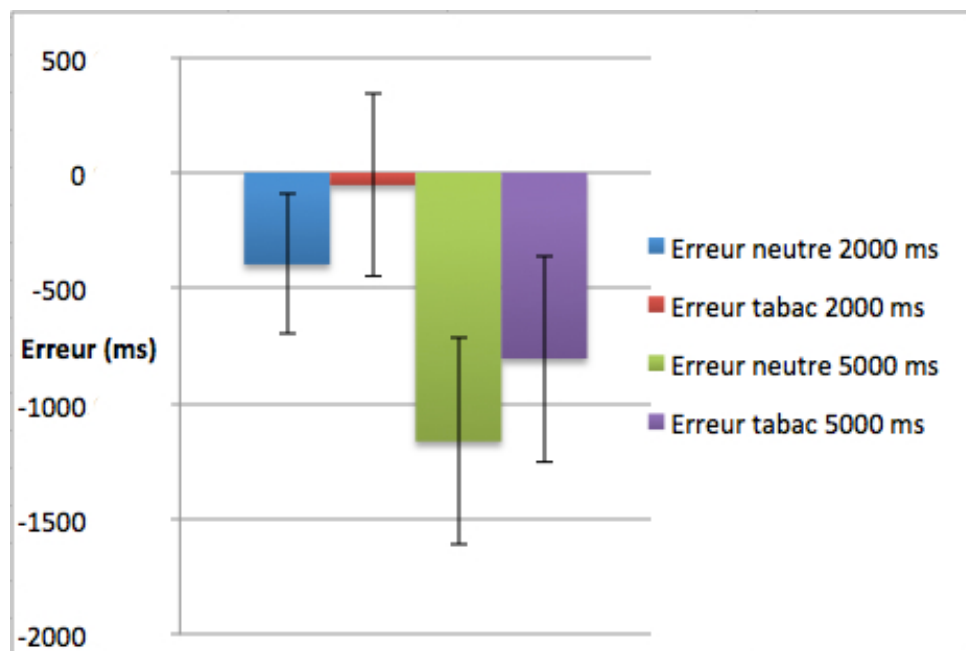


Figure 1: Moyenne des erreurs commises en fonction des temps de présentation

Il existe donc une différence statistiquement significative entre les durées de présentation des images et le temps perçu par les sujets pour les images neutres et les images évoquant la cigarette au temps de 2000 et 5000 ms. Il faut comprendre par là que la moyenne des erreurs est suffisamment divergente pour qu'il soit presque sûr (avec un haut degré de certitude =99.9%) que les 2 valeurs ne puissent pas diverger uniquement par hasard. Le ratio θ , un index d'exactitude de mesure des performances temporelles, a été utilisé à plusieurs reprises dans plusieurs expériences où $\theta = \text{durée subjective} / \text{durée objective}$ (Wittmann, 2007b). En prenant les moyennes à 2000 et 5000 ms pour les images neutres (N) et les images évocatrices de cigarette (T) on arrive à des valeurs de ratio θ de : 0.8014 pour 2000N, 0.9731 pour 2000T, 0.7673 pour 5000N, 0.8390 pour 5000T. De manière graphique (figure 2), on constate effectivement des différences significatives entre les différentes valeurs. On remarque qu'à 2

secondes, autant pour les images neutres que pour les images évocatrices de cigarettes, les moyennes sont plus proches de la réalité qu'à 5000 ms. L'explication est apportée par la théorie du timing scalaire comme expliqué plus haut.

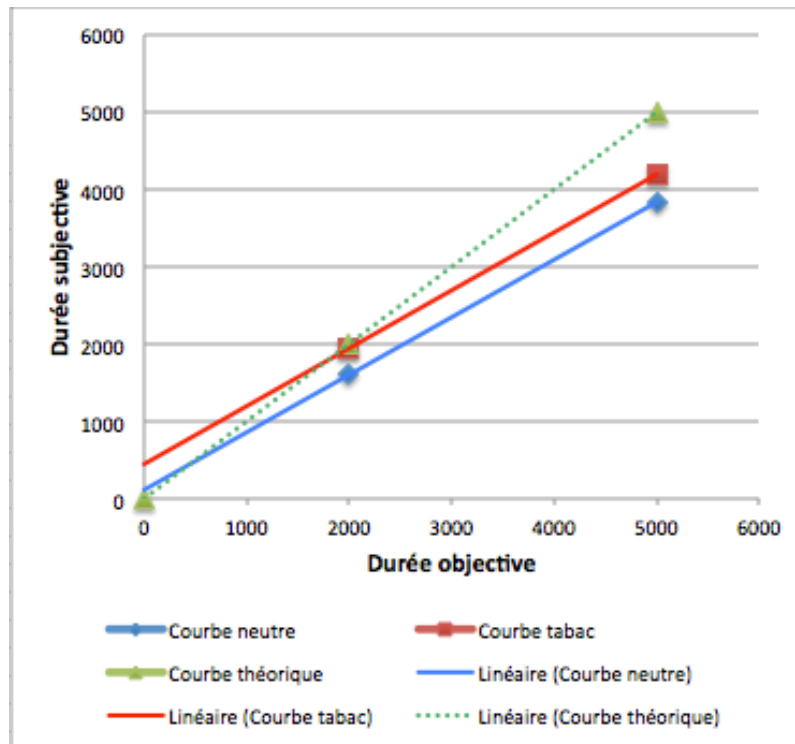


Figure 2 Durée subjective en fonction de durée objective avec courbes de tendance tracées

Dans un deuxième temps, nous avons évalué si la présence de fumée ou de fumeurs sur les images présentées avait une influence sur les évaluations en terme de consommation, dominance et plaisir au moyen d'une Anova. On remarque dans le tableau 1 une corrélation entre la présence de fumée sur les images et les évaluations (consommation, dominance, plaisir) et dans le tableau 2 une corrélation également entre les images de personne en train de fumer et les mêmes items. Comme on peut le voir sur les deux tableaux, la présence de fumée sur les images de cigarettes (tableau 1), ainsi que celle de fumeur (Tableau 2), conduisent les participants à mieux évaluer les images par rapport à des images ne représentant pas un consommation immédiate de cigarettes telles celles de paquets de cigarettes dans l'étalage d'un magasin par exemple. A noter, qu'une Anova a aussi été faite pour chercher un lien entre les images avec présence de fumée/fumeur et la perception du temps, sans amener de résultat statistiquement significatif.

Tableau 1 Calcul d'une Anova cherchant un lien entre les évaluations et la présence de fumée

	Fumée	Mean	SD	F	p
Consommation	présente	3.868	0.3600	18.934	≤0.001
	absente	3.227	0.4513		
Dominance	présente	3.275	0.4215	14.208	≤0.001
	absente	2.715	0.4346		
Plaisir	présente	3.884	0.6565	7.777	0.008
	absente	3.244	0.6698		

Tableau 2 Calcul d'une Anova cherchant un lien entre les évaluations et la présence de fumeurs sur les images

	Personne	Mean	SD	F	p
Consommation	présente	3.586	0.4924	10.972	0.002
	absente	3.072	0.3815		
Dominance	présente	3.017	0.5238	6.847	0.013
	absente	2.606	0.2998		
Plaisir	présente	3.594	0.8062	4.355	0.044
	absente	3.107	0.3311		

A noter qu'une corrélation a aussi été recherchée entre les paramètres susmentionnés et le score CDS12 sans montrer, là non plus, de lien relevant pour les erreurs effectuées à 2000 et 5000 ms. Une corrélation statistiquement significative a par contre été trouvée entre le score CDS12 et l'auto-évaluation de l'envie de consommation ($r=0.370$, $p=0.044$) ainsi qu'entre le CDS 12 et la dominance que l'on perçoit face aux images de tabac ($r=0.363$, $p=0.049$).

Nous avons par la suite analysé une possible corrélation entre les évaluations de consommation (conso), dominance (dom) et plaisir (plais) par rapport aux erreurs effectuées pour les mesures à 2000 et 5000 ms. On s'aperçoit rapidement, avec le tableau ci-dessous (tableau 3), qu'on ne trouve aucun lien statistiquement significatif entre ces paramètres.

Tableau 3 Corrélation entre les évaluations et les erreurs de temps

		Pearson Correlation (=r)	Significance (=p), 2-tailed
2000 ms			
	conso	0.000	0.999
	dom	0.109	0.565
	plais	-0.144	0.448
5000 ms			
	conso	-0.235	0.211
	dom	-0.107	0.573
	plais	-0.117	0.538

La troisième partie de l'analyse statistique cherche à mettre en évidence une différence entre la première série d'images neutres (neutre1) et la deuxième série d'images neutres (neutre2) qui est présentée après les images de cigarettes. Nous avons utilisé un T-test qui permet de comparer les 2 moyennes. A 2000 ms, la moyenne des erreurs de neutre1 vaut $M=-397.1$ ms, $SD=301.9$ ms et celle de neutre2 $M=2.8$ ms et $SD=278.6$. Le T-test vaut $t=-8.764$ et $p \leq 0.001$. A 5000 ms, la moyenne des erreurs de neutre1 est de $M=-1163.5$ ms, $SD=448.9$ ms tandis que celle de neutre2 est de $M=-836.4$ ms, $SD=529.9$ ms. La comparaison vaut ici ($t=-4.625$, $p \leq 0.001$). On constate pour les deux durées de présentation une différence statistiquement significative entre les moyennes des erreurs commises pour les images neutres avant et après les images de cigarettes.

Discussion

Dans le cadre de cette étude, nous avons cherché à savoir si la perception du temps était soumise à un biais attentionnel chez les fumeurs. Nous avons testé 3 hypothèses : variation de temps entre des images neutres et représentant des cigarettes, influence de différents paramètres sur la perception du temps (envie de consommer, dominance et plaisir), variation de la perception du temps des images neutre en début et fin de test.

Le premier résultat révèle une différence significative dans les tâches de reproduction de temps entre des images neutres et des images évoquant la cigarette. Les durées reproduites sur les images évoquant la cigarette sont plus proches de la réalité que sur les carrés gris quelque soit le temps d'exposition. A l'inverse, les images neutres sont assez fortement sous-estimées par rapport à la réalité. Il y a plusieurs hypothèses permettant d'expliquer ce phénomène. La première est la répétition à l'identique de 40 carrés gris qui peut être rébarbative et pousser le sujet à appuyer plus rapidement sur le bouton pour passer à la seconde image. Comme détaillé plus haut, un stimulus répété conduit à une perception du temps raccourcie (Eagleman et Pariyadath, 2010). On pourrait imaginer que la répétition de ce carré gris soit effectivement perçue comme un stimulus répété pour le sujet. Ce biais est en partie réfutable car la deuxième série de carrés gris, identique à la première, obtient des résultats s'approchant des valeurs de l'échantillon d'images liées à la cigarette. La deuxième hypothèse pourrait postuler une mauvaise compréhension de la consigne par les participants faussant, en partie, les valeurs des premiers résultats. Là aussi, tout a été fait dans le design de l'étude pour que la consigne soit comprise dès le départ (entraînement avant le début de l'expérience). Cette hypothèse apparaît donc peu vraisemblable. Enfin, reste l'hypothèse qu'il puisse réellement exister un changement de perception entre les images neutres et celles liées à la cigarette.

Lors de l'administration répétée d'agoniste dopaminergique, le nombre de récepteurs dopaminergique est *downrégulé* (Lajtha, 1983). La nicotine, comme beaucoup d'autres substances addictives, active la sécrétion de dopamine et, par la-même, le système de récompense (Montgomery, 2007). La consommation de nicotine entraîne donc, par l'augmentation du taux de dopamine, une *downrégulation* des récepteurs à la dopamine. On pourrait donc postuler que le rythme d'un pacemaker, qui bat le rythme de notre perception temporelle, soit diminué chez les fumeurs car moins stimulé par la dopamine. Ce faisant, les fumeurs de notre expérience auraient une perception modifiée du temps et sous-estimeraient ce dernier. Cette hypothèse concorderait avec les résultats de cette expérience où l'on constate

effectivement une sous-évaluation importante à 2000 et 5000 ms. En psychologie, le fait d'avoir ses perceptions influencées par ses propres centres d'intérêt porte le nom de biais attentionnel. Dans cette expérience, le fait qu'une différence de perception du temps existe entre les images neutres et celles de cigarettes est un exemple de biais attentionnel.

Les résultats de cette expérience nous montrent aussi un rapprochement des valeurs enregistrées des valeurs réelles (valeurs théoriques) lors de visualisation d'images de cigarettes. Comme nous l'avons vu précédemment, les valeurs enregistrées sous-évaluent la réalité. Un rapprochement de la réalité correspond donc à une augmentation des pulses du système pacemaker et donc à une augmentation de la dopamine. Il a déjà été prouvé, pour la nourriture notamment, que des stimuli appétitifs (récompenses) augmentent considérablement la dopamine au niveau du noyau accumbens et dans le cortex préfrontal (Di Chiara, 2000). On pourrait imaginer les images de cigarette comme des représentations de récompenses que les sujets chercheraient à obtenir. Il s'en suivrait, comme pour la nourriture, une augmentation des pulses de dopamine conduisant à une accélération de la perception temporelle. L'index d'exactitude de mesure des performances temporelles θ (durée subjective/durée objective), calculé auparavant, nous permet aussi de constater que le rapport se rapproche de 1 avec les images de cigarettes tendant à confirmer cette hypothèse.

Depuis plusieurs années, les chercheurs ont imaginé une frontière « artificielle » entre 2 catégories de temps : les temps que l'on perçoit (*perception of duration*, jusqu'à 2-3 sec) et les temps que l'on estime (*estimation of duration*, au-delà de 2-3 sec). Les événements ne durant que quelques secondes (jusqu'à 2-3 sec) sont traités de manière très automatisée. A l'opposé, les intervalles plus longs (au-delà de 2-3 sec) sont probablement estimés par la mémoire et donc beaucoup plus sujets à des variations interindividuelles (Fraisse, 1984 ; Pöppel, 1997). Plusieurs expériences se déroulant sur des personnes ne souffrant pas d'addiction tendent à confirmer cette théorie. En effet, les sujets estiment de manière assez précise les intervalles de temps jusqu'à 3 secondes, puis, sous-estiment les intervalles plus élevés à mesure qu'ils augmentent (Ulbrich, 2007). L'index d'exactitude de mesure des performances temporelles θ nous montre une meilleure précision des valeurs à 2000 ms qu'à 5000 ms. Une expérience menée sur des sujets sains a montré des résultats similaires : plus l'intervalle de temps à reproduire est grand, plus l'erreur pour le reproduire est élevée (Wittmann, 2007b).

La deuxième hypothèse principale de cette étude cherche à objectiver une corrélation entre les évaluations des images (envie de consommer, dominance et plaisir) et les erreurs commises sur

les reproductions de temps. Aucun résultat statistiquement significatif n'a pu être tiré de cette analyse. Nous avons commencé par nous assurer que nos images avait une bonne corrélation avec les évaluations de consommation, dominance et plaisir. Cette relation étant positive, soit il n'existe aucun lien entre l'auto-évaluation des qualités que les fumeurs prêtent aux différentes images et les erreurs qu'ils commettent en les regardant ; soit d'autres facteurs peuvent expliquer ces résultats. Le petit nombre de participants et donc un total d'images qui reste néanmoins assez petit pour établir des statistiques fiables peuvent en partie expliquer ce résultat. Il n'en reste pas moins que les chiffres qui sont tirés des statistiques établies sont assez éloigné d'une possible corrélation entre les évaluations d'images et les erreurs de reproduction de temps, cette hypothèse est donc peu vraisemblable. Une autre piste à évoquer est que ces évaluations de la qualité de l'image par les fumeurs soient subjectives. Les fumeurs n'ont peut être pas conscience de ce qui leur donne vraiment envie de consommer, de ce qui les domine ou de ce qui leur plaît. Il faudrait dans ce cas-là une mesure plus objective que ces paramètres.

La troisième partie de l'analyse recherche une différence entre les carrés gris présentés avant les images évocatrices de cigarettes (neutre1) et ceux présentés après ces images (neutre2). Statistiquement, cette différence est bien présente, autant à 2000 ms qu'à 5000ms. Le niveau de certitude avec un $p \leq 0.001$ est assez élevé et nous pousse donc à croire ces résultats. Comme expliqué précédemment la transition entre les images neutres et les images de cigarettes a conduit à une accélération de la perception du temps, que l'on suppose être due à une accélération du rythme basal d'un pacemaker. On constate, qu'entre les images de cigarettes et les images neutre2, la différence temporelle s'amenuise. On pourrait imaginer une certaine modulation du système de perception temporelle par le système dopaminergique et indirectement par les images de cigarette. Quand on le confronte à un stimulus neutre juste après lui avoir montré des images évocatrices, le système de perception reste imprégné un certain moment (plusieurs minutes dans le cadre de cette expérience). Cette imprégnation expliquerait la différence existant entre neutre1 et neutre2.

Malgré le fait que les résultats de cette expérience soient corroborés par d'autres expériences précédentes, il est important de rappeler quelques facteurs qui limitent la fiabilité des conclusions que l'on peut tirer de cette étude. Tout d'abord, le nombre de participants ($n=30$) reste assez faible. Leur jeune âge ($M=24.10$, $SD=3.122$) sous entend une consommation totale de cigarettes inférieure à celle de personnes plus âgées et donc potentiellement une addiction moins forte. Le CDS 12, test qui reflète la dépendance à la cigarette, nous permet de voir que dans cette échantillon le score moyen ($M=34.43$, $SD=7.986$) parle pour une dépendance

moyenne. Si un échantillon de « gros fumeurs » (dépendance forte =45 points et plus) avait été choisi, les résultats auraient possiblement été encore plus nets qu'ils ne le sont dans cette expérience.

La variabilité de la perception du temps que nous avons constatée lors de la visualisation de cigarettes chez des fumeurs conforte les expériences précédentes qui notaient que le système dopaminergique joue un rôle central dans la perception du temps. Nos résultats nous incitent à penser que les fumeurs, à l'instar d'autres personnes sujettes aux addictions, montrent des biais attentionnels qui pourraient être médiés par l'augmentation de l'activité dopaminergique dans les ganglions de la base et perturber leur perception temporelle comme d'autres expériences précédentes l'ont déjà évoqué. Cependant, cette variabilité des neurotransmetteurs ne serait expliquer à elle seule la variabilité de la perception du temps, il faut, en effet, faire la distinction entre l'effet pharmacologique immédiat de la nicotine et l'effet de mémoire addictive influençant notre comportement à long terme, ce qui ouvre la voie à des recherches complémentaires.

Références

- Abel Lajtha N.S., 1983. Handbook of neurochemistry. 95
- Allman M and Meck WH. Pathophysiological distortions in time perception and timed performance. *Brain* 2012; 135 (3): 656-677.
- Bermudez MA, W Schultz,. "Timing in reward and decision processes." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 2014; 369: 1637
-
- Brody AL, Mandelkern MA, London ED, Childress AR, Bota RG, Ho ML, Lee GS, Saxena S, Baxter LR, Madsen D, Jarvik ME. Brain metabolic changes during cigarette craving. *Archives of General Psychiatry* 2002;59:1162-1172.

- Bueti D., van Dongen E.V., Walsh V. The role of superior temporal cortex in auditory timing. PLoS ONE. 3, 2008 e2481
- Buhusi, C.V., & Meck, W.H. What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. Nature Reviews Neuroscience 2005; 6: 755-765.
- Di Chiara G. Role of dopamine in the behavioural actions of nicotine related to addiction. Eur J Pharmacol. 2000 Mar 30;393(1-3):295-314.
- DM Eagleman. Human time perception and its illusions. Current opinion in neurobiology 2008 ; 18 (2) : 131-136
- Eagleman DM & Pariyadath V. Is subjective duration a signature of coding efficiency? Philosophical Transactions of the Royal Society 2009 ; 364(1525):1841-51
- Etter J., Le Houezec J., Perneger T. A Self-Administered Questionnaire to Measure Dependence on Cigarettes: The Cigarette Dependence Scale. Neuropsychopharmacology 2003 ; 28 : 359–370.
- Fraisse, P., Perception and estimation of time. Annu. Rev. Psychol. 1984 ; 35 : 1–36.

- Harrington D.L., Boyd L.A., Mayer A.R., Sheltraw D.M., Lee R.R., Huang M., Rao S.M. Neural representation of interval encoding and decision making. *Brain Res. Cogn. Brain Res.* 2004 ; 21 : 193–205.
- Herbst, S., Javadi, A.H., & Busch, N.A. How long depends on how fast–perceived flicker frequencies dilate subjective duration. *Journal of Vision* 2012 ; 12(9) : 141
- Hinton S.C., Meck W.H. Frontal–striatal circuitry activated by human peak–interval timing in the supra-seconds range. *Brain Res. Cogn. Brain Res.* 2004 ; 21 : 171–182
- Ivry RB, Spencer RMC. The neural representation of time. *Curr Opin in Neurobiol.* 2004;14: 225–232.
- Lewis P.A., Miall R.C. A right hemispheric prefrontal system for cognitive time measurement. *Behav. Process.* 2006 ; 71 : 226–234.
- Meck WH Neuropharmacology of timing and time perception. *Cognit Brain Res.* 1996 ; 3:227–242.
- Montgomery AJ, Lingford-Hughes AR, Egerton A, Nutt DJ, Grasby PM. The effect of nicotine on striatal dopamine release in man: A [¹¹C]raclopride PET study. *Synapse* 2007 Aug;61(8):637-45.

- Nenadic I, Gaser C, Volz H-P, Rammsayer T, Hager F, Sauer H. Processing of temporal information in the basal ganglia: new evidence from fMRI. *Exp Brain Res* 2003 ; 148:238-246.
- Pöppel E., A hierarchical model of temporal perception. *Trends Cogn. Sci.* 1997 ; 1 : 56–61.
- Raimo K.R. Salokangas, Vilkkumäki H, M.D., Ilonen T, Taiminen T, Bergman J, M.Sc., Haaparanta M, Solin O, Alanen A, Syvälahti E, Hietala J. High Levels of Dopamine Activity in the Basal Ganglia of Cigarette Smokers. *Am J Psychiatry* 2000; 157:632–634.
- Rammsayer TH Effects of body core temperature and brain dopamine activity on timing processes in humans. *Biol Psychol* 1997 ; 46: 169–192.
- Rammsayer, T. Are there dissociable roles of the mesostriatal and mesolimbocortical dopamine systems on temporal information processing in humans? *Neuropsychobiology* 1997 ; 35 : 36-45.
- Rubia K., Smith A. The neural correlates of cognitive time management: a review. *Acta Neurobiol. Exp.* 2004 ; 64 : 329–340.
- Tamm M, Uusberg A, Allik J, Kreegipuu K Emotional modulation of attention affects time perception : Evidence from event-related potentials, *Acta psychologica* 01/2014

- Ulbrich P, Churan J, Fink M, Wittmann M Temporal reproduction: Further evidence for two processes. *Acta Psychologica* 2007 ; 125 : 51–65
- Wittmann M The inner experience of time. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2009 Jul 12; 364(1525): 1955-1967.
- Wittmann M, Leland DS, Churan J, Paulus MP. Impaired time perception and motor timing in stimulant-dependent subjects. *Drug and alcohol dependence.* 2007b; 90(2-3):183-192.