



Université de Montréal

Expérience subjective et différences individuelles dans l'intégration d'informations  
visuelle et kinesthésique

par Laurence Dumont

Département de Psychologie, Faculté des arts et des sciences

Mémoire présenté à la Faculté des arts et des sciences en vue de l'obtention du  
grade de maîtrise en psychologie

Juillet 2013

© Laurence Dumont, 2013

# Table des matières

Remerciements .....	i
Résumé .....	ii
Abstract .....	iii
Liste des Tableaux .....	iv
Liste des figures .....	v
Liste des abréviations.....	vi
Problématique et cadre théorique.....	1
Construction de l'expérience subjective .....	1
Modèles d'attribution bayésiens .....	6
Intégration multisensorielle.....	8
Objectifs et paradigmes expérimentaux .....	11
Méthode .....	16
Approbation éthique.....	16
Échantillon.....	16
Matériel .....	18
Outils.....	18
Algorithmes d'analyse.....	19
Questionnaires.....	20

Protocole .....	22
Questionnaires en ligne .....	22
Session expérimentale.....	22
Résultats .....	26
Regroupement et standardisation des données .....	26
Jugements subjectifs bruts .....	27
Pratique.....	28
Conditions .....	30
Acuité du jugement d’amplitude .....	34
Acuité du jugement de spécificité.....	37
Régression par participant .....	38
Lien entre les questions subjectives .....	39
Stabilité du jugement d’agentivité .....	41
Lien avec les questionnaires.....	42
Discussion .....	43
Pratique .....	43
Conditions.....	44
Acuité du jugement d’amplitude .....	45
Acuité du jugement de spécificité.....	46
Régression par participant.....	46

Stabilité du jugement d'agentivité .....	47
Conclusion.....	52
Bibliographie.....	53
Annexes .....	vii
Annexe 1 – Certificat d'éthique .....	vii
Annexe 2 – Formulaire de consentement .....	viii
Annexe 3 – Questionnaires .....	xiii
Annexe 3a – Mindfulness Awareness Attention Scale (MAAS).....	xiv
Annexe 3b - Self-Regulation Schedule (SRSc).....	xv
Annexe 3c - Body Awareness Questionnaire.....	xviii
Annexe 3d – Self-Regulation Scale .....	xix
Annexe 4 – Questions subjectives après chaque essai .....	xx
Annexe 5 – Questions subjectives entre les conditions .....	xxi
Annexe 6 – Questionnaire post-expérimental .....	xxii

## Remerciements

Ces deux dernières années ont été remplies d'opportunités et d'apprentissages plus enrichissants les uns que les autres, tant sur le plan académique que professionnel et personnel. Tout ceci n'aurait jamais été possible sans la rencontre et la présence de plusieurs personnes qui m'ont influencée et qui font que je suis particulièrement fière du travail accompli dans le cadre de mon mémoire de maîtrise.

Je voudrais commencer par remercier mes superviseurs, Hugo Théoret et Mario Beauregard, qui m'ont entièrement fait confiance et qui m'ont permis de développer mes compétences de chercheuse et mon autonomie d'une manière exceptionnelle. Je tiens aussi à souligner l'apport plus que significatif de plusieurs collègues clé dans la réalisation du projet : Inge Broer, Christophe Martin, Jimmy Ghaziri, Vanessa Larue et Pier-Éric Chamberland. De manière particulière, je voudrais témoigner de la belle complicité et de l'entraide essentielle qui a eu lieu entre Inge et moi à travers notre maîtrise. Nous nous sommes poussées à être meilleures à chaque étape du projet et cette collaboration n'est que la pointe de l'iceberg de ce que nous voulons réaliser ensemble.

Je tiens à remercier la communauté du CERNEC pour la camaraderie et la complicité qui s'est créée rapidement ainsi que mes amis et ma famille qui ont su vivre avec mes disponibilités restreintes et qui ont écouté mes tirades enflammées sur la recherche non sans un petit sourire en coin d'exaspération.

C'est la fin d'une étape et le début d'une autre, dès le dépôt de ce mémoire (avec quelques semaines pour décompresser) j'entame mon doctorat avec anticipation et enthousiasme. Loin de m'avoir effrayé, le monde de la recherche fondamentale m'appelle plus que jamais et j'espère y trouver un écho positif.

## Résumé

L'expérience subjective accompagnant un mouvement se construit *a posteriori* en intégrant différentes sources d'informations qui s'inter-influencent à différents moments tant avant qu'après le mouvement. Cette expérience subjective est interprétée par un modèle d'attribution bayésien afin de créer une expérience d'agentivité et de contrôle sur les mouvements de son propre corps. Afin de déterminer l'apport de l'interaction entre les paramètres considérés par le modèle d'attribution et d'investiguer la présence de disparités inter-individuelles dans la formation de l'expérience subjective du mouvement, une série de 90 pulsations simples de stimulation magnétique transcrânienne (SMT) sur le cortex moteur primaire (M1) suivi de multiples questions sur l'expérience subjective liée au mouvement provoqué a été effectuée chez 20 participants normaux. Les données objectives du mouvement ont été recueillies par électromyographie (EMG) et capture du mouvement. Un modèle de régression a entre autres été effectué pour chaque participant afin de voir quelle proportion du jugement subjectif pouvait être expliqué par des indices objectifs et cette proportion variait grandement entre les participants. Les résultats de la présente étude indiquent la présence d'une capacité individuelle à se former des jugements subjectifs reflétant adéquatement la réalité comme en témoigne la cohérence entre les différentes mesures d'acuité et plusieurs variables mesurant l'expérience subjective.

Mots clé: Stimulation magnétique transcrânienne, expérience subjective, agentivité, contrôle, modèle d'attribution, mouvement,

## **Abstract**

Subjective experience is built after the fact by integrating different sources of information that interact with each other at different moments (before, during and after the movement). In order to create subjective experience of agency and control, the characteristics of the movement are interpreted by a Bayesian model. To determine the impact of the interaction between the parameters that enter in that Bayesian attribution model and to investigate possible disparities in the formation of subjective experience of movement between individuals, a series of 90 pulses of single-pulse transcranial magnetic stimulation (TMS) followed by four questions on the subjective experience relative to the movement was conducted on 20 normal subjects. Objective data about the movement was gathered using electromyography (EMG) and motion capture. Individual regression models have been conducted to determine the proportion of the subjective judgements that varied accordingly to the objective parameters of the movement; this proportion varied greatly between participants. The present study proposes that there is an individual capacity to form subjective judgements that adequately represent the reality, as suggested by coherence between different accuracy measures and different variables measuring the subjective experience.

Keywords: Transcranial magnetic stimulation, Subjective experience, agency, control, attribution model, movement,

## Liste des Tableaux

Tableau 1. Description de l'échantillon .....	17
Tableau 2. Séquences de stimulations SMT .....	24
Tableau 3. Jugements subjectifs non-normalisés.....	27
Tableau 4. ANOVA plan simple sur les jugements subjectifs lors de la pratique.....	29
Tableau 5. Contraste linéaire comparant les cinq premiers essais aux cinq derniers	30
Tableau 6. Statistiques descriptives de l'amplitude standardisée selon les mesurer et la condition .....	31
Tableau 7. Participants ayant réussi à diminuer l'amplitude de leurs PEM ou de la distance de leurs mouvements.....	32
Tableau 8. Statistiques descriptives de l'acuité du jugement d'amplitude .....	35
Tableau 9. Comparaison des liens entre les questions subjectives avant et après avoir enlevé la variance attribuable aux variables objectives .....	40
Tableau 10. Test T pour échantillons indépendants selon la stabilité du jugement d'agentivité .....	41

## Liste des figures

Figure 1. Modèle du comparateur .....	2
Figure 2. Décours temporel de la vitesse pour un essai de capture du mouvement .	20
Figure 3. Évolution des jugements d'agentivité pendant la session de pratique.....	29
Figure 4. Acuité en fonction de l'amplitude des PEM .....	36

## Liste des abréviations

ADM	Muscle abducteur du petit doigt
BAQ	Body awareness questionnaire
EMG	Électromyographie
FDI	Premier muscle digital interosseux
M1	Cortex moteur primaire
MAAS	Mindfulness attention awareness scale
mV	Milivolts
PEM	Potentiel évoqué moteur
SMT	Stimulation magnétique transcrânienne
SRS	Self-regulation scale
SRSc	Self-regulation schedule

## **Problématique et cadre théorique**

### **Construction de l'expérience subjective**

L'expérience subjective accompagnant un mouvement se construit *a posteriori* en intégrant différentes sources d'informations qui s'inter-influencent à différents moments tant avant qu'après le mouvement. Nos intentions sont formées principalement dans les régions préfrontales, si elles sont dirigées vers un but généré de manière intrinsèque, ou par les aires sensori-motrices, si elles sont en réaction directe à des stimuli extérieurs. Ces intentions sont par la suite transformées en plans moteurs dans les différentes aires prémotrices afin de former un comportement cohérent. De ce plan découle une commande motrice qui part du cortex moteur primaire (M1) qui génère les contractions musculaires et le mouvement lui-même, via la voie corticospinale (Haggard, 2008). Au moment où la commande motrice est envoyée, une copie efférente de celle-ci est conservée et sert de prédiction de ce qui sera effectué comme mouvement. Une fois le mouvement effectué, ce dernier génère des afférences sensorielles tant visuelles que kinesthésiques (tactiles et proprioceptives). Les deux représentations afférentes et efférentes du mouvement sont comparées et de cette comparaison découlerait le sentiment d'agentivité (Synofzik et al., 2008).

Selon le modèle du comparateur présenté à la *Figure 1*, nous formons une compréhension du rôle que nous jouons dans nos mouvements en comparant nos prédictions aux afférences qui découlent des mouvements que nous effectuons. Ce rôle causal que nous semblons jouer dans nos mouvements se nomme l'agentivité.

Ce concept est défini par Gallagher (2000) comme étant l'impression d'être l'acteur ou l'agent derrière nos actes. Cette impression est inextricablement liée aux conséquences proximales de nos mouvements, elle est donc aussi vue comme un processus par lequel nous nous attribuons les conséquences de nos mouvements. En dialogue interne, l'agentivité peut être vue comme étant « C'est bel et bien moi qui ait fait ce mouvement (ou qui ait causé cette conséquence) ».

Une distinction entre le contrôle et l'agentivité est aussi faite dans le modèle du comparateur; il en découlerait de la concordance entre nos intentions et des prédictions sensorielles faites à partir de la copie de notre plan moteur. Encore une fois, en dialogue interne, le contrôle pourrait se traduire par : « J'ai bel et bien produit ce que j'avais l'intention de produire » ou encore par « Avais-je l'intention de produire ce que je viens de produire? ».

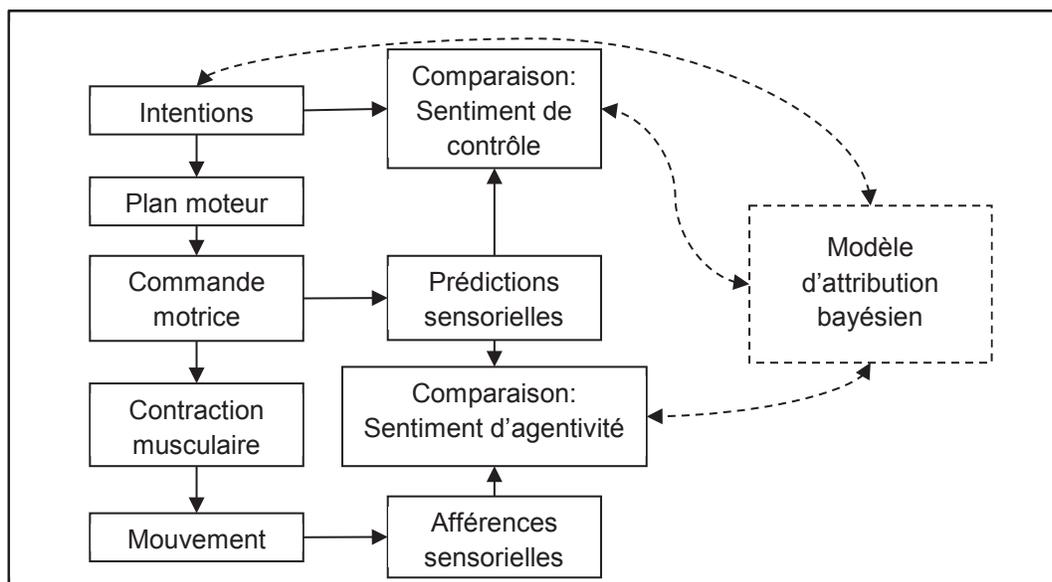


Figure 1. Modèle du comparateur

Ces processus se dérouleraient de manière largement inconsciente et contribueraient à l'expérience habituelle que l'on a d'être l'agent derrière nos mouvements et de les contrôler (Synofzik et al., 2007, David et al., 2008). Il s'agirait d'un processus qui ne nécessite pas de compréhension conceptuelle, mais plutôt qui fait partie intégrale du traitement sensori-moteur perceptif.

En effet, ce processus de comparaison semble être fonctionnel et ne pas affecter le rapport subjectif de l'individu même lors d'une discordance importante entre les prédictions et les afférences, par exemple, dans le cas où l'on trafiquerait de manière expérimentale la rétroaction donnée suite à un mouvement. Sato & Yasuda (2005) ont montré qu'il est possible d'insérer un délai dans la rétroaction ainsi que de distordre le mouvement provoqué (Schaefer et al., 2012; Wegner et al., 2004).

C'est seulement lorsqu'une discordance trop importante est détectée par le comparateur qu'une réflexion plus consciente serait nécessaire (Vosgerau, 2007). Cette réflexion impliquerait l'accès au système de croyances de l'individu et au contexte dans lequel s'est déroulé le mouvement, en plus des indices de rétroaction et de prédiction habituels. De cette dissociation entre un traitement inconscient et conscient vient la nécessité de différencier respectivement les sentiments des jugements.

Différents problèmes neurologiques peuvent nous informer sur la nature implicite et explicite du sentiment et du jugement d'agentivité. Le syndrome Gilles-de-la-Tourette implique des mouvements involontaires mais qui sont souvent vus comme étant en réponse à une impulsion impossible à réguler (Bohlhalter et al., 2006). En

prenant en considération le modèle ci-haut, la discordance dans le comparateur est assez grande pour créer un conflit dans le sentiment d'agentivité, mais lors du jugement conscient, le patient s'attribue tout de même la source du mouvement, le discours de chaque patient et l'attribution changeant d'un individu à l'autre. D'un autre côté, dans le syndrome de la main étrangère, le patient attribue l'agentivité du mouvement du membre atteint comme étant extérieure à lui-même, enlevant même le jugement d'agentivité (Schaefer et al., 2012).

Un autre cas intéressant implique les impressions de contrôle vécues par certains patients atteints de schizophrénie, lesquelles peuvent aller dans les deux sens. L'équipe de Synofzik (2005) a montré que les patients schizophrènes semblaient utiliser de manière préférentielle les indices visuels et avaient ainsi une plus forte tendance à pouvoir s'attribuer l'agentivité d'un mouvement qu'ils n'ont pas provoqué. Le problème ici serait un déficit au niveau du comparateur même, soit au niveau du sentiment d'agentivité. Une mauvaise utilisation des afférences sensorielles et/ou un seuil de tolérance trop libéral pourrait expliquer ce phénomène. D'un autre côté, certains patients vont avoir l'impression qu'ils ne sont pas l'auteur de leurs pensées ou que leurs mouvements sont contrôlés par une force extérieure. Ces attributions sont vues comme un dysfonctionnement au niveau du système de croyance, donc au niveau du jugement d'agentivité.

Vu cette dissociation manifeste dans le fonctionnement neurologique de la construction de l'expérience subjective, il est important de déterminer si la variable d'intérêt est le jugement ou le sentiment d'agentivité, distinction qui n'est pas faite

dans plusieurs études (Synofzik et al., 2007). Ainsi, des mesures de rapport subjectif relèveraient plus du jugement d'agentivité.

Un paradigme intéressant afin de sonder le sentiment d'agentivité a été développé par l'équipe de Patrick Haggard (voir entre autres Ebert & Wegner, 2010 et Moore & Haggard, 2010 pour un aperçu de l'utilisation de ce paradigme); il s'agit de la liaison intentionnelle (*intentional binding*). Dans ce paradigme, les événements considérés comme des conséquences des actions dont l'agent s'attribue la cause sont perçus comme étant plus rapprochés dans le temps de la dite action que des événements qui ne sont pas perçus comme étant provoqués par l'agent. Cette mesure ne se fiant pas sur le rapport subjectif de l'agentivité et ayant été dissociée de celui-ci (Moore et al., 2012), elle permet de sonder des processus qui sont plus implicites. Cette liaison intentionnelle est vue comme un processus de renforcement du lien causal que l'agent forme entre ses actions et leurs conséquences; plus ces deux événements sont rapprochés dans le temps, plus il y a de chances qu'ils soient reliés de manière causale.

Jusqu'à présent, les études sur le sentiment et le jugement d'agentivité ont surtout vu celui-ci comme étant dichotomique. Soit un agent juge qu'il est l'auteur d'une action, soit non. Toutefois, une vision plus nuancée de la question et la prise en considération d'un modèle d'attribution par probabilité de différentes hypothèses pourrait venir répondre à plusieurs questions qui restent pour l'instant sans réponse.

## Modèles d'attribution bayésiens

L'utilisation des statistiques bayésiennes dans la compréhension de la formation de modèles attributifs a suscité un intérêt grandissant dans les dernières années. Le fait que ces modèles permettent l'intégration continue de nouvelles informations et la généralisation à des stimuli jamais rencontrés par l'individu les rendent très représentatifs de la compréhension scientifique de l'apprentissage humain et des processus de prise de décision (Perfors et al. 2011).

Afin d'attribuer une cause à un événement, chaque individu se crée une représentation qui prend la forme d'un modèle probabiliste considérant plusieurs causes ou hypothèses ( $h_j$ ). La probabilité qu'un événement arrivant dans un contexte  $d$  soit attribué à une hypothèse en particulier ( $P(h_i|d)$ ) est calculée en comparant la probabilité préalable de cet événement ( $P(h_i)$ ), la vraisemblance de l'hypothèse dans le contexte ( $P(d|h_i)$ ) et la somme de la conjonction de ces deux variables pour toutes les hypothèses (dénominateur de l'équation ci-dessous).

$$P(h_i|d) = \frac{P(d|h_i)P(h_i)}{\sum_{h_j \in H} P(d|h_j)P(h_j)}$$

L'attribution effective de  $h_i$  comme étant la cause d'un événement provoque l'intégration des contingences accompagnant ledit événement au schéma d'attribution de l'individu et ce à un poids relatif selon les *a priori* vis-à-vis de ces contingences particulières et selon la vraisemblance de l'occurrence dans le contexte.

Les différentes hypothèses peuvent toutefois se recouper ou en inclure d'autres. Une hypothèse est donc un espace contenant toutes les combinaisons

possibles des variables caractérisant un objet et faisant en sorte qu'il puisse être inclus comme appartenant à l'hypothèse. Ce type de modèle se forge donc de manière itérative selon les expériences passées. Chaque expérience nouvelle est interprétée selon ce modèle et a la possibilité de le modifier. Soit il le solidifie s'il est en concordance avec celui-ci, soit il le modifie si les caractéristiques de la nouvelles expérience diffèrent de ce qui est attendu.

Plus une hypothèse a été confirmée souvent, moins le modèle a de chances de se modifier puisque de nouvelles données ont un poids moindre sur l'ensemble des données incluses dans l'hypothèse. Ainsi, tous les mouvements qu'un individu peut faire sont interprétés à l'intérieur des balises inhérentes à ce modèle et sont altérés par celui-ci afin de créer l'expérience subjective.

Dans le cadre de l'attribution d'agentivité du mouvement, prenons comme exemple un cas où seules deux hypothèses sont comparées par un individu normal : un mouvement volontaire versus un mouvement involontaire. Une très forte probabilité préalable est attribuée au mouvement volontaire puisque les individus normaux ont l'impression d'être l'agent derrière ce qu'ils font la majorité du temps (Synofzik et al., 2007). Toutefois, lorsque les caractéristiques du mouvement auquel l'individu est confronté entrent en contradiction avec le modèle qu'il a de ses mouvements volontaires, ou si leur conjonction diffère trop de celui-ci, il est possible que le mouvement ne soit pas attribué au même agent ou à la même cause. C'est le cas pour les spasmes ou les tics où les mouvements sont provoqués par une source extérieure, les réflexes et les mouvements provoqués par la stimulation du cortex

moteur via la stimulation magnétique transcrânienne (SMT), par exemple. Ce processus attributif peut donc être rattaché au jugement d'agentivité, tel que décrit plus haut. Quand le sentiment d'agentivité est discordant, que le comparateur détecte une trop grande différence entre ce qui est prévu et ce qui arrive, des ressources cognitives conscientes doivent être mises en œuvre pour déterminer quelle hypothèse alternative est la plus vraisemblable en fonction du contexte.

Nonobstant cette attribution à une cause non-volontaire, il reste qu'étant donné le fort *a priori* et le large éventail de possibilités lié aux mouvements volontaires, cette cause a toujours une probabilité d'occurrence ( $P(h_i|d)$ ) non négligeable. Ainsi, lorsqu'il est demandé à un individu de juger sur une échelle continue l'attribution de la cause d'un mouvement, les mathématiques veulent que l'apport de la probabilité d'occurrence du mouvement volontaire y soit représenté.

Les conditions de départ ainsi que les différentes caractéristiques définissant le mouvement servent à déterminer la vraisemblance de l'hypothèse. Ces conditions de départ sont composées notamment par le contexte entourant le mouvement et par l'état du corps avant que le mouvement soit effectué (Leube et al. 2003). Les caractéristiques du mouvement et l'état du corps sont constamment intégrés sous forme de rétroaction visuelle et kinesthésique.

### **Intégration multisensorielle**

La SMT est un outil de neuromodulation qui, lorsqu'appliqué au-dessus du cortex moteur primaire (M1), fait décharger les neurones dans un  $\text{mm}^3$  autour de la zone d'efficacité maximale. Cette décharge envoie une volée dans la voie

corticospinale qui relie le cortex moteur à la moelle épinière et finalement aux muscles du corps. Cette stimulation provoque une contraction musculaire dans la région qui est associée de manière somatotopique à la région stimulée en M1 (Sparing & Mottaghy, 2008). Il a été maintes fois montré que l'imagerie motrice augmente l'excitabilité corticospinale (voir Loporto et al. (2011) pour une revue récente de la littérature sur le sujet). Ainsi, la sollicitation de la représentation de la main dans les aires motrices faciliterait le potentiel évoqué moteur (PEM) provoqué par la SMT.

La concordance entre l'image mentale et la position de la main est aussi importante dans ce processus de facilitation, ce qui renforce l'idée qu'une rétroaction sensorielle y est nécessaire, et non seulement une image mentale (Vargas et al. 2004). Une étude a comparé cet effet de concordance chez une patiente désafférentée (Mercier et al. 2008) afin de confirmer l'importance de la rétroaction visuelle et de la rétroaction kinesthésique dans ce processus. Ainsi, la patiente, qui n'avait pas accès à la représentation kinesthésique de sa main, ne présentait un effet de facilitation motrice que lorsqu'elle pouvait voir le mouvement élicité par la SMT.

Des enregistrements intra-cérébraux chez les primates non-humains ont montré qu'une multitude d'aires cérébrales contribuaient tant de manière unique qu'intégrée à la représentation mentale de la main (Graziano & Botvinik, 2002). Le lobe pariétal postérieur inférieur, l'aire ventrale interpariétale, le creu du scillon intrapariétal, le cortex prémoteur, le sulcus temporal supérieur ainsi que le putamen

ont été identifiés comme des structures clés et très interconnectées ayant un rôle à jouer dans l'intégration des signaux visuels et kinesthésiques (Gentile et al., 2011).

Dans les aires intégratives, les informations des différents sens peuvent être combinées de manière linéaire, sous-additive ou supra-additive, confirmant la potentialité de l'impact des informations multisensorielles dans la formation de l'expérience subjective (Stein & Stanford, 2008). Autrement dit, le fait que la représentation de la main ne se limite pas à la simple addition des sources d'information indique que celles-ci s'inter-influencent en plus de se combiner. Des indices que le même type de phénomène se produit chez l'humain ont été rapportés dans une étude par IRMf qui visait à discriminer l'apport du toucher et de la rétroaction visuelle dans la représentation de la main (Gentile et al., 2011). La réaction générale vis-à-vis d'une stimulation tactile, visuelle ou combinée était comparée afin de voir comment les informations se combinaient. Des réponses supra-additives, donc non linéaires, ont été rapportées (lors de stimulation de la main droite) dans l'hémisphère gauche pour le sulcus intrapariétal antérieur, le putamen, le gyrus précentral et l'insula. Des réponses ont aussi été rapportées dans l'hémisphère droit dans l'opercule pariétal et le cervelet.

L'apport des caractéristiques accompagnant chaque mouvement à la résultante de cette attribution probabiliste et à la construction de l'expérience subjective est donc particulièrement intéressante à investiguer. Ceci pourrait permettre de comprendre comment l'intégration multisensorielle se déploie dans un contexte phénoménologique.

## **Objectifs et paradigmes expérimentaux**

L'objectif principal du présent mémoire consiste à discriminer l'apport relatif et combiné des informations objectives et subjectives dans la formation d'un modèle attributif du mouvement. Cette interaction peut être étudiée en contrôlant et mesurant les paramètres objectifs du mouvement, en observant la résultante de l'attribution et en voyant comment la perception des caractéristiques du mouvement sont modifiées par le processus attributif.

Pour ce faire, des participants normaux (n'ayant entre autres aucun antécédent de trouble neurologique), devront indiquer une série de jugements subjectifs et d'approximations de paramètres objectifs lors de mouvements qui seront provoqués par des stimulations magnétiques de la région du cortex moteur associé à la main droite. Le mouvement provoqué sera donc techniquement constant à chaque essai et les variations dans les rapports relatifs aux mouvements seront tributaires de la composition du processus attributif.

Un paradigme de mouvements involontaires provoqués par SMT est utilisé pour deux principales raisons. Premièrement, il est possible d'éliciter une stimulation identique sur M1 à chaque essai. L'utilisation de pulsations de SMT permet de simuler une partie de la commande motrice, en plus de court-circuiter l'intention et la préparation motrice, qu'il est aussi théoriquement possible de manipuler par différentes instructions afin d'en voir la résultante sur le PEM. Deuxièmement, l'étude de mouvements involontaires permet de déterminer le poids des différentes hypothèses présentes dans le modèle d'attribution des individus. Tel que mentionné

précédemment, l'occurrence des mouvements volontaires est tellement élevée qu'il est possible de croire que cette hypothèse ait encore un poids dans le calcul probabiliste des individus. Il sera possible de mesurer ce poids en demandant aux individus de rapporter leur jugement de cette probabilité. Si des mouvements volontaires avaient été utilisés, il aurait été impossible d'assurer un contrôle expérimental aussi strict et la prépondérance des mouvements volontaires dans le modèle probabiliste n'aurait pas pu nous renseigner sur la composition de celui-ci : un effet plafond aurait été attendu dans le rapport de la proportion d'agentivité rapportée.

Un point important reste à faire en ce qui a trait à la différenciation entre le sentiment et le jugement d'agentivité dans le présent projet. Comme aucune intention n'est impliquée lors de ces mouvements involontaires et qu'une rétroaction sensorielle est toutefois présente, une disparité dans la comparaison dépassant largement le seuil de tolérance du comparateur devrait se produire à tout coup. Une absence quasi constante de sentiment d'agentivité devrait donc s'en suivre.

Toutefois, une investigation au niveau du jugement d'agentivité devrait être instructive quant à la composition ou à l'utilisation du modèle d'attribution bayésien de chaque individu. Les paramètres de ceux-ci devraient influencer la façon dont les caractéristiques objectives du mouvement sont interprétées afin d'en faire un rapport subjectif. Ainsi, demander de faire un jugement non pas strictement sur la cause d'un mouvement, mais de faire une estimation des caractéristiques objectives

de celui-ci (p.ex. l'amplitude de celui-ci) devrait nous renseigner sur la magnitude de l'impact de ce modèle mental sur la phénoménologie. Plus l'approximation du paramètre objectif s'éloignera de celui-ci, plus le modèle mental devrait avoir un impact sur la perception du mouvement.

Le jugement de contrôle sera aussi investigué afin d'évaluer la présence d'intentions et de mieux comprendre l'interaction de ce construit avec l'agentivité. Bien qu'aucune littérature spécifique ne dissocie le sentiment du jugement de contrôle, un paradigme semblable sera postulé pour cette dimension de l'expérience subjective puisqu'il repose sur le même modèle.

Une autre mesure d'approximation de paramètres objectifs sera prise en considération : la spécificité du mouvement à la région d'intérêt. Les stimulations par SMT provoquant un mouvement et une sensation qui peut être plus ou moins diffuse dans la main et impliquer différents muscles, ce jugement nous semble important à mesurer. Il nous sera possible d'en faire une approximation objective à l'aide du ratio entre les deux muscles dont nous enregistrerons l'activité.

Afin de mesurer autant la rétroaction visuelle que kinesthésique (cette dernière étant enregistrée par EMG), un outil de capture du mouvement sera utilisé. Ceci nous permettra d'avoir accès à la distance parcourue ainsi qu'à la vitesse du mouvement, ce qui constitue les composantes du mouvement observables de l'extérieur.

Une phase de pratique servira à créer ou à solidifier le modèle de l'expérience du mouvement en situation de PEM provoqués par SMT. L'expérience de la SMT étant nouvelle ou très peu commune pour la totalité des participants, il est possible de

croire que l'expérience subjective peut varier de manière plus prononcée au départ. Il a aussi été démontré par Schmidt et al. (2009) que l'amplitude des PEM tendait à se stabiliser après 20 essais, ce qui assure une meilleure constance dans les PEM de la phase expérimentale. De plus, le fait de devoir mettre des chiffres précis sur une expérience de mouvement est peu commun et nous avons cru nécessaire d'intégrer une période de familiarisation à ces questions.

Une condition expérimentale où les participants avaient comme instruction de tenter d'empêcher le mouvement produit par la SMT a aussi été intégrée afin de manipuler l'impact des intentions dans la formation des différents jugements de l'expérience subjective. Cette manipulation a été conçue à la base pour déterminer la possibilité de moduler à la baisse l'excitabilité corticospinale, mais ce pan du projet est traité dans le cadre d'un autre mémoire de maîtrise (Broer, 2013). Brièvement, cette capacité a été relevée par Bonnard et al. (2003, 2009) et par Sohn et al. (2002, 2003). La taille des effets étant beaucoup plus petite que dans les paradigmes d'imagerie motrice, cela permet d'influencer l'intention, sans avoir d'impact aussi grand sur la résultante du mouvement.

L'utilisation différente par chaque participant des paramètres disponibles afin de se former un jugement subjectif du mouvement sera explorée. La majorité des études citées ci-haut se sont concentrées sur des différences de groupes entre les paramètres ou entre les groupes pour chaque paramètre. À notre connaissance aucune étude ne s'est penchée sur les différences entre les individus dans la construction de l'expérience subjective. Toutefois, étant donnée la nature individuelle

de l'expérience subjective, il nous semble important de procéder à une exploration au cas par cas de l'utilisation des informations disponibles. L'acuité des participants lors de leur approximation de l'amplitude des mouvements et de la spécificité serviront donc d'étalon quant à l'ampleur de l'impact de leur modèle d'attribution. Une série de questionnaires en rapport avec l'expérience subjective et la conscience corporelle sera aussi administrée aux participants afin de voir si certaines caractéristiques individuelles sont rattachées à la construction de l'expérience subjective.

L'impact du caractère non-linéaire de l'intégration multi-sensorielle sur l'expérience subjective pourra être confirmé par le présent paradigme expérimental; la présence de variabilité non-attribuable à des caractéristiques objectives du mouvement en sera tributaire. Toutefois, il sera impossible d'expliquer comment cette interaction se produit comme chacune de ces variables n'est pas contrôlée de manière expérimentale. Suite à cela, il est attendu qu'une grande variabilité soit observée entre les modèles attributifs des participants, même s'ils sont tous normaux. Ceci témoignerait d'un impact de l'intégration différent pour les différents sujets. Le fait que seuls des jugements par nombres soient demandés ne permettra pas de témoigner de la richesse de ces différences mais une approximation sommaire pourra en être faite par des différences quantitatives entre les résultats des participants. Il est possible que certaines caractéristiques personnelles soient reliées à cette variabilité interindividuelle. Le lien entre la diversité de l'expérience subjective et des caractéristiques telles que la conscience corporelle, la pleine conscience et la régulation du comportement sera donc exploré afin de vérifier cette hypothèse.

## **Méthode**

### **Approbation éthique**

Le certificat d'éthique (Numéro CÉRFAAS-2011-12-232-A) a été obtenu le 15 février 2012 et renouvelé à pareille date en 2013. Une copie de celui-ci, ainsi que du formulaire de consentement, se trouvent à l'Annexe 1 et l'Annexe 2, respectivement.

Les chercheurs ont dû signaler un incident en cours de route au comité d'éthique, et celui-ci a rapidement approuvé la poursuite du projet. L'incident en question s'est déroulé le 8 mai 2012. Vers la fin de l'expérimentation, un participant a ressenti un malaise et l'expérimentation a tout de suite été arrêtée. Une brève perte de conscience s'en est suivie et les expérimentateurs ont immédiatement contacté les services de premiers soins. Le participant a été raccompagné chez lui par les intervenants dès qu'il s'est senti mieux. La SMT n'a pas été attribuée comme cause principale de l'incident puisque le participant n'avait pas encore mangé et était en manque de sommeil (informations qu'il n'avait pas communiquées aux expérimentateurs malgré les questions standard à cet effet). Un suivi a été effectué le lendemain et le participant a confirmé qu'il se sentait bien et qu'il n'avait pas subi de préjudice.

### **Échantillon**

Vingt participants ont été retenus afin de composer l'échantillon final. Un total de 30 participants ont pris part à l'expérience mais 10 d'entre eux ont dû être exclus étant donné que la stabilité des conditions expérimentales n'avait pu être respectée rendant ainsi leurs données invalides. La session expérimentale des 10 participants

exclus s'est déroulée dans les semaines suivant l'incident précédemment exposé. L'expérimentatrice avait changé ses instructions et son comportement était plus anxiogène pour les participants. Lorsque la possibilité de contamination des données par la situation a été relevée, une série d'analyses préliminaires des données a été faite et a en effet témoigné de résultats significativement différents entre les groupes. Un retour aux instructions utilisées au début ainsi qu'une diminution du stress de l'expérimentatrice a permis de revenir aux conditions expérimentales originales.

L'âge moyen des participants est de 22,9 ans (écart type : 2,51) et il y a un nombre égal d'hommes et de femmes. La description de l'échantillon se retrouve au *Tableau 1* Il est important de mentionner que pour trois participantes le français n'était pas la langue maternelle (allemand, vietnamien et hollandais). Toutefois, étant donné que ces participantes sont au moins détentrices d'un diplôme collégial en français, cette particularité n'a pas compromis leur compréhension des instructions.

Tableau 1. Description de l'échantillon

Variable	Mode	Médiane
Scolarité	Universitaire 1 <sup>er</sup> cycle	Universitaire 1 <sup>er</sup> cycle
Niveau socio-économique	0\$ à 15 000\$	0\$ à 15 000\$
Langue maternelle	Français	N.A.

## **Matériel**

### **Outils**

Le système de SMT utilisé afin de livrer les stimulations est le Medtronic Magpro (Magstim Co., Londres, Royaume-Uni) et est équipé d'une bobine de 80mm. Le courant était biphasique et la bobine de SMT était positionnée à plat sur le crâne, la poignée pointant vers l'arrière, avec un angle de 45° avec la ligne médiane. L'intensité des stimulations était déterminée au niveau où l'on obtenait un potentiel moteur évoqué de 1mv dans le muscle FDI lors de 50% des cas (calculé sur 10 essais).

Le premier muscle digital interosseux (FDI) ainsi que le muscle abducteur du petit doigt (ADM) ont été choisis comme muscles d'intérêt. Le premier car c'est sur celui-ci que la réponse de la SMT est la plus facile et robuste à obtenir, le deuxième en comparaison avec le premier étant donné qu'il est aussi facilement enregistrable et qu'il sert de point de comparaison puisque le niveau de spécificité du mouvement à l'index sera demandé aux participants. Les électrodes de référence ont été apposées sur la troisième phalange des doigts auxquels les muscles d'intérêts se rapportent et une électrode de mise à terre est apposée sur la face interne du poignet. Toutes les électrodes sont positionnées sur la main droite. Afin d'enregistrer la réponse des muscles, le signal des électrodes Vermed VersaTrode (Londres, Royaume-Unis) passe à travers un filtre à bande passante de 20-1000 Hz pour se rendre dans le système d'électromyographie ADI Instruments Power Lab 4/30 (Colorado Springs, États-Unis). La réponse 50 ms avant la stimulation, jusqu'à 1 seconde après celle-ci a

été enregistrée pour chaque essai. L'amplitude du PEM évoqué par la stimulation SMT était analysée par après à l'aide du logiciel LabChart (Colorado Springs, États-Unis).

Afin de maintenir le site de stimulation constant, le système stéréotaxique de la compagnie NDI, accompagné du logiciel Brain Sight 2 de Rogue Industries (Montréal, Canada) ont été utilisés.

Les senseurs et la caméra de capture de mouvements sont ceux de la compagnie Optotrak, modèle Certus, et les données sont enregistrées par le logiciel NDI First Principles 1.2 (Waterloo, Canada). Les deux capteurs de mouvement étaient par la suite fixés à la troisième phalange de l'index droit et dans la tabatière anatomique. Ces positions permettaient de corriger les données pour le mouvement du poignet et d'isoler ce qui était attribuable à l'index. Des tampons à usage unique imbibés d'alcool sont aussi utilisés pour désinfecter le matériel.

### **Algorithmes d'analyse**

Les analyses des données de capture de mouvement ont été effectuées à l'aide d'un script dans le logiciel MatLab (Version R2010a, Natick, États-Unis). Le mouvement attribuable spécifiquement à l'index est isolé en soustrayant le mouvement du poignet au mouvement de l'index. Les données sont filtrées à l'aide d'un filtre passe-bas à 60Hz. Des marqueurs de début et de fin de mouvement sont automatiquement positionnés dès que la vitesse du mouvement atteint la moyenne plus 10% de l'étendue totale de l'essai et termine dès que ce seuil n'est plus atteint dans une fenêtre de 750ms suivant le début du mouvement détecté. Le décours

temporel de la vitesse est affiché pour chaque essai. La Figure 2. Décours temporel de la vitesse pour un essai de capture du mouvement montre un essai typique : les points verts et rouges marquant respectivement le début et la fin du mouvement élicité par la SMT et la ligne noire le seuil de détection du mouvement.

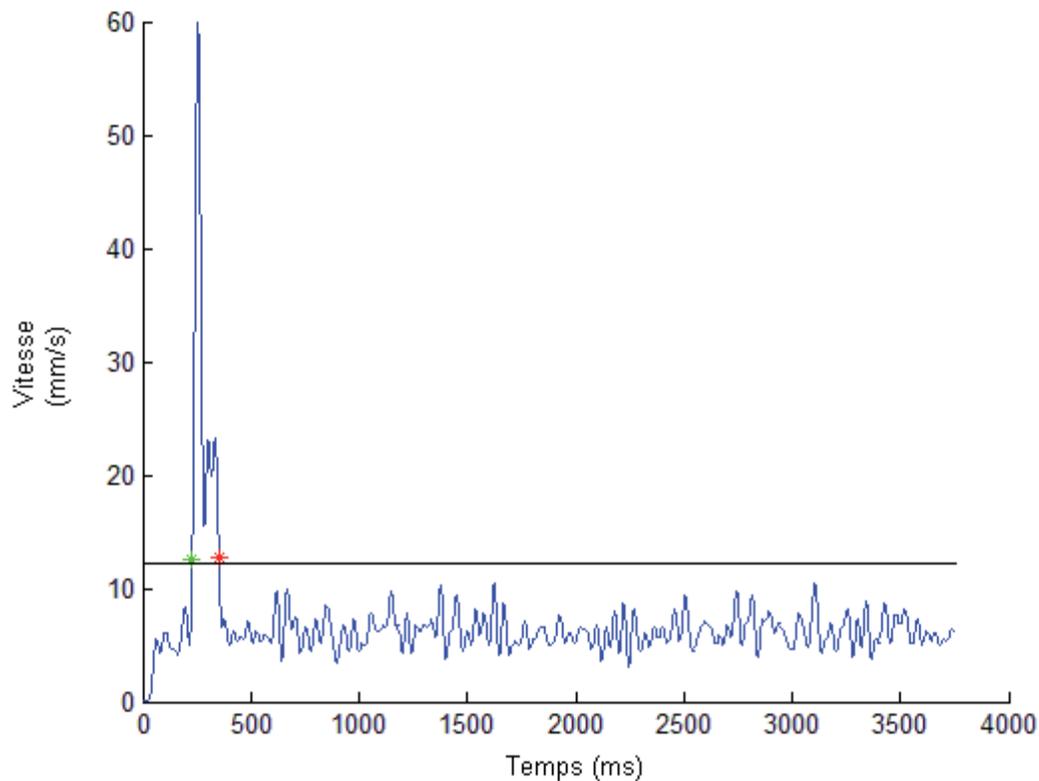


Figure 2. Décours temporel de la vitesse pour un essai de capture du mouvement

## Questionnaires

### *Mindfulness Attention Awareness Scale (MAAS)*

Une version française du questionnaire développé par Brown et Ryan en 2003, traduite et validée par Jermann et collaborateurs en 2009, a été utilisée. Ce

questionnaire propose des items se rapportant à l'expérience quotidienne commune et vise à évaluer le niveau d'action consciente. Les propriétés psychométriques de la version française du MAAS sont semblables à celles de son équivalent anglais; une stabilité sur quatre semaines ainsi qu'une absence de différence significative entre les hommes et les femmes peuvent aussi être notées.

#### *Self-Regulation Schedule (SRSc)*

Le SRSc a été développé par Brown, Miller, & Lawendowski en 1999 comme une mesure auto-rapportée se basant sur les sept étapes de l'autorégulation. Une traduction française préalablement validée (Dumont et al., 2012) a été utilisée. La fiabilité et la consistance interne du questionnaire se sont révélées très fortes à excellentes lors de tests avec une population clinique et des corrélations significatives entre un faible résultat au test et des comportements à risque ont été trouvées dans la population normale (Brown et al., 1999).

#### *Body Awareness Scale (BAS)*

Le BAS a été développé par Shields, Mallory et Simon en 1989. Il contient 18 items se rapportant à la conscience et à la connaissance que les gens ont de leurs sensations corporelles non émotionnelles et des rythmes de fonctionnement de leur corps. Ce questionnaire a été utilisé dans divers domaines et a entre autres montré une absence de corrélation avec le MAAS (Brown & Ryan, 2003). Ce questionnaire a une bonne validité interne ( $\alpha = .82$ ). Sa version française validée (Dumont et al. 2012) est utilisée.

### *Self-Regulation Scale (SRS)*

Le SRS a été développé par Schwarzer et ses collaborateurs (1999). Il a été par la suite traduit en français et validé au Québec par Miquelon et al. (2012). Ce questionnaire est utilisé afin de mesurer le contrôle attentionnel déployé lors de la régulation de comportements. L'étude de validation a montré un coefficient de validité interne semblable à l'original et sa structure unifactorielle a été conservée.

## **Protocole**

### **Questionnaires en ligne**

Les participants devaient remplir un questionnaire en ligne d'une durée approximative de 30 minutes avant ou après leur participation à l'étude, à leur convenance. Les questionnaires peuvent être trouvés à l'adresse suivante (<http://goo.gl/nz7hw>). Ces questionnaires, traduits par l'auteure principale, ont fait l'objet d'une validation préalable auprès d'un échantillon différent (Dumont et al. 2012). Les items des questionnaires sont présentés à l'Annexe 3.

### **Session expérimentale**

L'expérimentation s'est déroulée en une session d'une durée approximative de 90 minutes. Les participants lisaient et signaient un formulaire de consentement. Une copie de celui-ci leur était fournie.

Une explication en profondeur du fonctionnement de la SMT leur était donnée afin de démystifier ce qu'ils allaient subir et leur montrer l'effet de la SMT. Après avoir expliqué le fonctionnement du matériel, l'expérimentateur s'administrait une stimulation dans la main et expliquait ce qu'il en résultait. Après accord du participant

celui-ci recevait aussi une stimulation dans la main afin d'expérimenter la sensation provoquée par la SMT sans que celle-ci ne soit appliquée sur la tête. Ceci visait à s'assurer que le participant était bien à l'aise et nous permettait de calmer les possibles craintes que le participant pouvait formuler. La possibilité de se retirer de l'étude à tout moment était rappelée au participant, assurant un consentement libre et éclairé.

Par la suite, les électrodes d'électromyographie ont été installées sur la main droite et le poignet droit du participant après que la peau du participant ait été désinfectée à l'aide d'un tampon imbibé d'alcool. La première électrode se situait sur le premier muscle interosseux dorsal (entre le pouce et l'index). Les deuxième et troisième électrodes étaient installées respectivement sur les troisièmes phalanges de l'index et de l'auriculaire. La quatrième était positionnée sur le muscle abducteur de l'auriculaire (sur le côté extérieur de la main). La cinquième, quant à elle, était positionnée sur le côté interne du poignet droit.

La prochaine série d'étapes consistait à localiser le cortex moteur primaire du participant et de fixer cette cible à l'aide du système stéréotaxique. Premièrement, une paire de lunettes équipée de balles réfléchissantes était mise au participant afin d'avoir un point de référence fixe sur sa tête. Deuxièmement, l'expérimentateur localisait la position théorique de M1 (C3 selon le système 10-20) sur le crâne du participant. L'endroit et l'intensité où on obtient la réponse désirée de M1 varie d'un individu à l'autre mais était maintenu constant pour la même personne pendant toute l'expérimentation.

Avant de débiter les essais expérimentaux proprement dit, une séquence de 20 stimulations était appliquée afin de stabiliser la réponse corticale et motrice (Schmidt et al. 2009). Cette séquence de pratique permettait aussi aux participants de se familiariser avec les questions (Voir Annexe 4) auxquelles ils allaient devoir répondre après chaque essai tout au long de l'expérience. Il était aussi demandé aux participants d'avoir un contact visuel avec leur main pendant toute la durée des blocs expérimentaux.

Les séquences expérimentales ont par la suite été effectuées selon le *Tableau 2* et les participants répondaient aux questions trouvées dans l'Annexe 5 entre chaque séquence. Dans la condition contrôle, les participants devaient rester passifs face aux stimulations de SMT. Dans la condition attention, les participants devaient porter attention aux sensations et au mouvement qui était provoqué par la SMT. Dans la condition modulation les participants devaient tenter de diminuer autant que possible le mouvement provoqué par la SMT sans effectuer de contractions musculaire.

Tableau 2. Séquences de stimulations SMT

<b>Étape</b>
Pratique - 20 stimulations avec questions
Condition contrôle - 30 stimulations avec questions - Questionnaire
Condition Attention et Modulation (2 conditions en ordre contrebalancé)
- 30 stimulations avec questions - Questionnaire

Une fois les séquences de SMT terminées, le matériel était retiré et l'expérimentateur posait une série de questions ouvertes au participant afin de recueillir ses impressions par rapport à l'expérience et à sa perception de sa performance (Annexe 6). Une fois cet entretien terminé, le participant signait le formulaire de compensation monétaire et recevait celle-ci, d'un montant de 20\$. Une explication des buts de la recherche était par la suite donnée selon le souhait du participant.

## Résultats

### Regroupement et standardisation des données

Dans la majorité des analyses, nous avons fusionné les différentes conditions. Il sera indiqué lorsqu'applicable quel genre de différenciation a été effectuée et quelles données ont été utilisées. En premier lieu, les rapports des participants à la suite de l'expérience étaient presque unanimes : aucune différence marquée, ou une différence minime dans quelques cas, entre celles-ci n'a pu être soulevée entre les conditions contrôle et attention. De plus, aucune tâche active n'était demandée au participant dans ces deux conditions. Quant à la condition modulation, lorsque l'on se place dans le contexte du modèle du comparateur, la présence d'une tâche ou d'une intention est ce qui peut causer un impact dans le processus de la formation du sentiment et du jugement d'agentivité. Une différence marquée a été rapportée par les participants entre cette condition et les autres, toutefois les résultats n'ont pas montré de conséquence effective sur le mouvement provoqué, tel qu'explicité plus bas.

Sauf lorsqu'autrement spécifié, les analyses statistiques de cette section seront effectuées sur des données normalisées par score Z pour chaque participant. Malgré les procédures de standardisation afin de provoquer un PEM de 1mv d'amplitude, les PEM sont très variables et une standardisation de ceux-ci permet de faire des comparaisons plus valides entre les participants. Les résultats des jugements subjectifs ont aussi été standardisés puisque les points de référence des participants étaient particulièrement différents les uns des autres.

## Jugements subjectifs bruts

Bien que les résultats standardisés soient utilisés dans les analyses subséquentes, il est intéressant de se pencher sur les valeurs des données brutes dans les jugements subjectifs telles que présentées au Tableau 3. Jugements subjectifs non-normalisés. En ce qui a trait au jugement d'agentivité, 12 participants avaient la valeur 1 comme mode (soit la plus petite valeur de l'échelle, qui évoquait une absence agentivité), dont 8 n'ont répondu que cette valeur tout au long de l'expérience. Un portrait similaire s'est dessiné pour le jugement de contrôle, où treize participants avaient la valeur 1 comme mode dont neuf en valeur constante. Une variabilité plus grande s'est manifestée dans les jugements de spécificité et d'amplitude. Des résultats de magnitude similaires ont été observés dans les sessions expérimentales.

Tableau 3. Jugements subjectifs non-normalisés

		Agentivité	Spécificité	Contrôle	Amplitude
Moyenne	Moyenne	5,222	40,140	4,923	31,564
	Écart Type	7,824	23,725	4,950	17,471
Écart Type	Moyenne	4,869	24,711	5,240	21,705
	Écart Type	7,205	12,672	7,760	9,396

Ces données suggèrent qu'une grande variabilité est présente dans l'approximation des paramètres objectifs des mouvements mais pas dans les jugements de l'expérience subjective se rapportant au modèle d'attribution.

## Pratique

Les données des PEM et de la capture du mouvement de la session de pratique ne seront pas présentées ici. Les résultats des jugements subjectifs de la pratique feront toutefois l'objet d'une analyse plus en profondeur puisqu'ils sont tributaires du premier contact obtenu avec le modèle d'attribution des participants.

Une ANOVA plan simple a été effectuée sur les scores standardisés par participants à la pratique afin de déterminer s'il était possible de détecter une tendance dans l'évolution des jugements d'agentivité pendant la période de pratique. Le postulat d'homogénéité des variances n'étant pas respecté ( $L(19,356) = 2,406$  ;  $p = 0,01$ ), une correction adéquate a été utilisée. Aucune différence significative n'a pu être observée dans l'effet principal ( $F(19,356) = 1,162$  ;  $p = 0,288$ ). Un contraste linéaire comparant les cinq premiers essais aux cinq derniers a déterminé que les jugements aux premiers essais étaient plus hauts qu'aux derniers essais ( $t(103,344) = 2,417$  ;  $p = 0.017$ ). Un calcul de taille d'effet a été effectué en utilisant la moyenne des cinq jugements de chaque catégorie ainsi que la moyenne des écarts types de ces cinq essais pour chaque catégorie. Un effet très faible a été détecté ( $d' = 0,095$ ), tel que la Figure 3. Évolution des jugements d'agentivité pendant la session de pratique porte à croire.

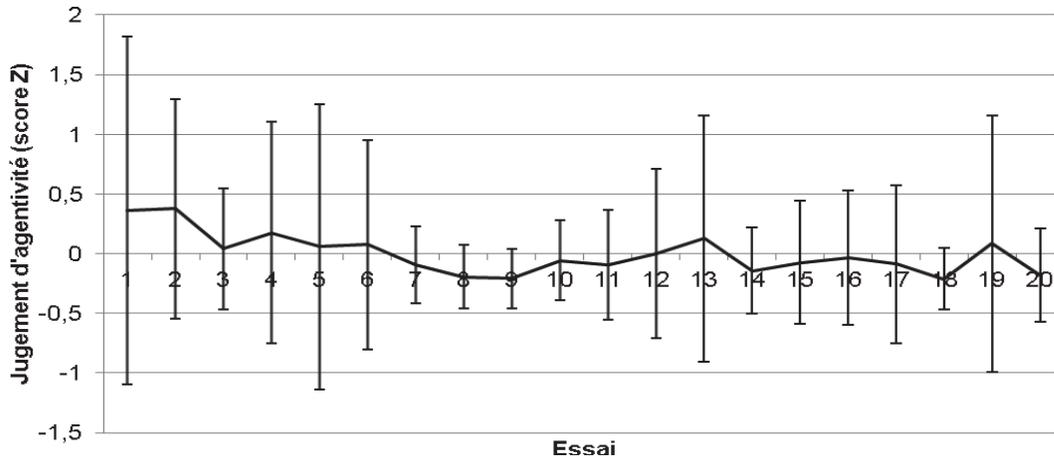


Figure 3. Évolution des jugements d'agentivité pendant la session de pratique

Le *Tableau 4* et le *Tableau 5* montrent les mêmes analyses effectuées pour les jugements de spécificité de contrôle et d'amplitude. L'équivalence des variances a pu être assumée pour la spécificité ( $p = 0,750$ ) et l'amplitude ( $p = 0,823$ ) mais pas pour le contrôle ( $p = 0,016$ ). La taille de l'effet du contraste comparant les cinq premiers jugements de spécificité aux cinq derniers était aussi très petite ( $d' = 0,073$ ). Il est donc possible de conclure qu'il ne se passe aucun apprentissage significatif pendant la pratique.

Tableau 4. ANOVA plan simple sur les jugements subjectifs lors de la pratique

		dl	Carré Moyen	F	$p$
Spécificité	Inter-Groupe	19	0,879	0,975	0,490
	Intra-Groupe	357	0,902		
	Totale	376			
Contrôle	Inter-Groupe	19	0,360	0,713	0,806
	Intra-Groupe	357	0,505		
	Totale	376			
Amplitude	Inter-Groupe	19	1,256	1,349	0,150
	Intra-Groupe	357	0,931		
	Totale	376			

Tableau 5. Contraste linéaire comparant les cinq premiers essais aux cinq derniers

Jugement subjectif	Valeur du contraste	Erreur Standard	t	dl	p
Spécificité	1,423	0,695	2,047	357	0,041
Contrôle	0,718	0,574	1,251	100,788	0,214
Amplitude	-0,303	0,706	-0,429	357	0,668

## Conditions

Des ANOVAS à mesures répétées ont été effectuées sur l'amplitude des PEM, la distance parcourue et la perception subjective de l'amplitude des mouvements. Le test de Mauchly s'est avéré non significatif pour chacune de ces ANOVA ( $\chi^2(2) = 2,52$  ;  $p = 0,284$ ) ( $\chi^2(2) = 4,17$  ;  $p = 0,124$ ) ( $\chi^2(2) = 0,556$  ;  $p = 0,757$ ) respectivement. Le Tableau 6. Statistiques descriptives de l'amplitude standardisée selon les mesurer et la condition montre la moyenne des scores standardisés pour tous les participants. Aucune différence significative dans l'amplitude des PEM ( $F(2) = 1,464$  ;  $p = 0,244$ ) ni dans la distance parcourue ( $F(2) = 2,893$  ;  $p = 0,064$ ) n'a été trouvée entre les conditions. Toutefois une différence significative dans l'amplitude subjective ( $F(2) = 3,402$  ;  $p = 0,044$ ), où les mouvements étaient perçus comme étant plus grands dans la condition contrôle que dans la condition modulation, selon le test de comparaisons paires ( $p = 0,054$ ). Un calcul de taille d'effet a été effectué pour quantifier l'ampleur de la différence entre le jugement subjectif d'amplitude à la condition contrôle de celui à la condition modulation. Cet effet s'est avéré très petit ( $d' = 0,0815$ ).

Tableau 6. Statistiques descriptives de l'amplitude standardisée selon les mesurer et la condition

Mesure		Contrôle	Attention	Modulation
PEM	Moyenne	0,021	0,059	-0,167
	Écart Type	0,314	0,438	0,411
Distance	Moyenne	-0,172	-0,079	-0,475
	Écart Type	1,017	0,892	1,513
Rapport subjectif	Moyenne	0,085	-0,092	-0,246
	Écart Type	0,447	0,524	0,540

Des analyses par participants ont aussi été effectuées afin de voir si la capacité de moduler ses PEM est propre aux individus. Un test t par participant a donc été effectué afin de comparer l'amplitude moyenne à la condition contrôle avec celle à la condition modulation pour voir quels participants semblaient avoir réussi la tâche. Suite aux résultats présentés au Tableau 7. Participants ayant réussi à diminuer l'amplitude de leurs PEM ou de la distance de leurs mouvements, il est possible de voir que sept participants ont réussi la tâche selon la mesure électromyographique, six selon la distance parcourue et quatre ont réussi selon les deux mesures. Un test de Chi carré a été effectué afin de vérifier si la distribution des participants qui semblaient avoir réussi la tâche selon les mesures du PEM ou celle selon la distance parcourue interagissait. Aucune différence significative n'a été relevée entre les fréquences observées et attendues dans ce cas ( $\chi^2(1) = 0,848$  ;  $p = 0,358$ ).

Tableau 7. Participants ayant réussi à diminuer l'amplitude de leurs PEM ou de la distance de leurs mouvements

Participant	Outil	T	dl	<i>p</i>
1	PEM <sup>a</sup>	-3,678	58	0,001
	Distance <sup>a</sup>	-4,605 <sup>b</sup>	35,384	0,000
2	PEM	-1,986 <sup>b</sup>	49,773	0,053
	Distance	-0,948	59	0,347
3	PEM	-0,194	62	0,847
	Distance	-1,153	61	0,253
4	PEM	-1,291	60	0,202
	Distance <sup>a</sup>	-4,469	60	0,000
5	PEM	1,313	62	0,194
	Distance	-0,751	62	0,456
6	PEM	7,036 <sup>b</sup>	53,054	0,000
	Distance	5,463 <sup>b</sup>	34,277	0,000
7	PEM	1,624	58	0,110
	Distance	1,217	58	0,228
8	PEM	2,157	65	0,035
	Distance	-1,646	65	0,105
9	PEM	7,683 <sup>b</sup>	45,008	0,000
	Distance	9,926 <sup>b</sup>	37,507	0,000
10	PEM	2,130 <sup>b</sup>	43,893	0,039
	Distance	1,760 <sup>b</sup>	31,506	0,088
11	PEM	1,761	58	0,083
	Distance	-1,187 <sup>b</sup>	32,344	0,244
12	PEM	3,613 <sup>b</sup>	37,859	0,001
	Distance	6,970 <sup>b</sup>	34,247	0,000
13	PEM	1,884	58	0,065
	Distance	4,450 <sup>b</sup>	47,283	0,000
14	PEM <sup>a</sup>	-4,789 <sup>b</sup>	51,466	0,000
	Distance	1,694	22	0,104
15	PEM	2,354 <sup>b</sup>	43,020	0,023
	Distance	-1,612 <sup>b</sup>	33,422	0,116
16	PEM <sup>a</sup>	-2,607 <sup>b</sup>	36,729	0,013
	Distance	-1,018 <sup>b</sup>	34,683	0,316
17	PEM	0,124	58	0,902
	Distance	2,701 <sup>b</sup>	35,084	0,011
18	PEM	0,615	58	0,541
	Distance	2,612 <sup>b</sup>	27,273	0,014
19	PEM	2,309 <sup>b</sup>	51,297	0,025
	Distance	2,723 <sup>b</sup>	41,600	0,009
20	PEM	1,237	58	0,221
	Distance	0,452	58	0,653

<sup>a</sup> La différence est significative mais la moyenne de la condition contrôle est plus petite que celle de la condition modulation

<sup>b</sup> Le test de Levene pour l'égalité des variances était significatif ( $p < 0,05$ ), une correction a donc été effectuée

Une division par essais a aussi été tentée afin de mesurer le succès de la manipulation expérimentale. Les essais réussis sont ceux de la condition modulation où les PEM se situaient à un écart type de la moyenne de toutes les conditions (soit ceux dont le score Z était plus petit que -1). Ce sont donc les essais où le mouvement des participants était cohérent avec les instructions de la tâche, donc avec leur intention. Lorsque ces essais ont été déterminés selon l'amplitude des PEM, une moyenne de 10,55% (E.T. 16,6%) d'essais réussis est observée, tandis que 8,46% des essais (E.T. 14,28%) sont considérés réussis selon la distance parcourue. Seulement sept participants ont réussi à diminuer de manière marquée certains mouvements. Une série de tests de Khi carré montre que la distribution de ceux-ci selon la méthode de calcul (PEM ou distance parcourue) est semblable pour six d'entre eux ( $p < 0,007$  avec correction de Bonferonni).

Des tests t pour échantillons dépendants ont été effectués afin de voir si le fait d'avoir un jugement d'agentivité dans la moitié la plus élevée de la distribution (en haut de la médiane) était tributaire d'une différence dans l'amplitude des mouvements. Aucune différence significative n'a été trouvée que ce soit en comparant les PEM ( $t(11) = -0,219$  ;  $p = 0,830$ ), la distance parcourue ( $t(11) = -1,319$  ;  $p = 0,214$ ) ou le jugement subjectif de l'amplitude ( $t(11) = -1,248$  ;  $p = 0,238$ ). L'échantillon pour ce test a été de 12 participants étant donné que 8 personnes ont eu un jugement d'agentivité constant tout au long de l'expérience.

La démarche inverse a été effectuée afin de vérifier si le jugement d'agentivité était plus élevé dans les essais réussis. Un test t pour échantillons dépendants a été

effectué et aucune différence significative n'a été trouvée entre les jugements dans ces deux situations ( $t(18) = 0,793$  ;  $p = 0,438$ ).

À la lumière de ces résultats, il est possible de constater que la manipulation expérimentale n'a pas eu un effet significatif mais qu'il est possible que la capacité à diminuer intentionnellement les PEM s'avère être une caractéristique personnelle.

### **Acuité du jugement d'amplitude**

L'acuité des jugements des participants a été calculée en faisant la différence entre le score Z de la mesure objective et le score Z du jugement subjectif d'amplitude du participant. La valeur absolue de cette différence était ensuite déterminée afin d'avoir une mesure d'écart et non pas une mesure de sur- ou de sous-évaluation du mouvement. Ainsi, plus le score des participants s'éloigne de zéro, moins leur jugement est précis.

L'acuité de l'amplitude pouvait être calculée de deux manières, en comparant le jugement d'amplitude à l'amplitude du PEM ou à la distance parcourue lors du mouvement. Le Tableau 8. Statistiques descriptives de l'acuité du jugement d'amplitude montre les deux résultats et la moyenne de ceux-ci, qui sera par la suite utilisée dans certaines analyses subséquentes (lorsque l'utilisation préférentielle d'une source d'information n'est pas importante).

Lorsque le fait de sous ou de sur-estimer le mouvement était intéressant à considérer, les données sans manipulation par valeur absolue ont été utilisées. Il sera spécifié à chaque fois quelle variable a été utilisée.

Les données de capture du mouvement pour un des participants contenait trop de points manquants afin d'être inclus de manière représentative dans les analyses, seulement 19 se retrouvent donc dans le calcul de l'acuité selon la distance. Le score d'acuité moyenne de ce participant est donc égal à celui de l'acuité selon les PEM.

Tableau 8. Statistiques descriptives de l'acuité du jugement d'amplitude

Méthode	N	Moyenne	Écart Type
Acuité selon les PEM	20	0,780	0,213
Acuité selon la distance	19	0,716	0,326
Acuité moyenne	20	0,746	0,247

Une corrélation de Pearson a été effectuée afin de voir si un lien était présent entre les scores d'acuité calculés selon les deux méthodes. Une corrélation significative et forte a été trouvée ( $r = 0,721$  ;  $p < 0,001$ ).

Des corrélations de Pearson ont aussi été effectuées par participants entre les scores d'acuité et l'amplitude des mouvements tels que mesurés par le PEM et la distance. Les scores d'acuité utilisés dans ces corrélations n'avaient pas subi de transformation par valeur absolue afin de voir si les participants avaient tendance à sous- ou à sur-évaluer les mouvements plus petits ou plus grands. Le lien entre l'acuité et l'amplitude est significatif pour tous les participants lorsque calculé selon les PEM ( $r$  moyen : 0,479 ; E.T. : 0,212) et selon la distance parcourue ( $r$  moyen : 0,512 ; E.T. : 0,177). La corrélation positive moyenne dans les deux cas montre que les participants avaient tendance à sous-évaluer les petits mouvements et à sur-évaluer les grands mouvements. La Figure 4. Acuité en fonction de l'amplitude des

PEM illustre la distribution des différents points de l'expérience en affichant l'acuité selon l'amplitude du mouvement tel que calculé avec l'électromyographie. Il est à noter qu'une distribution similaire se retrouve lors de la visualisation des données calculées avec la capture du mouvement. Spécifions qu'un participant a montré une corrélation inverse entre le PEM et l'acuité du jugement ( $r = -0.258$  ;  $p = 0.014$ ).

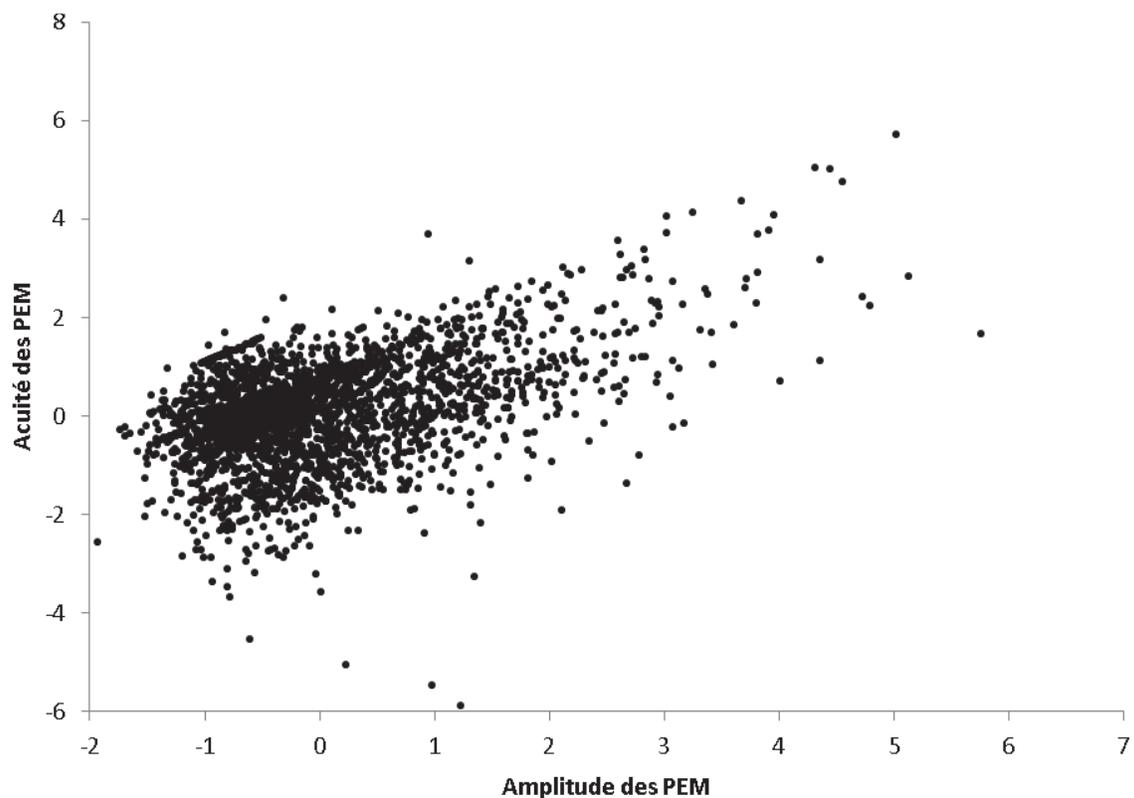


Figure 4. Acuité en fonction de l'amplitude des PEM

De manière générale, l'acuité des participants semble relativement bonne; cette dernière se situant en moyenne à moins d'un écart type d'un jugement parfait. Les participants sous-évaluent l'amplitude des petits mouvements et sur-évaluent

celle des grands mouvements. La forte convergence des mesures d'acuité mène à croire que cette mesure est reliée à une capacité propre à l'individu.

### **Acuité du jugement de spécificité**

Un calcul semblable a été effectué afin de déterminer l'acuité du jugement de spécificité. La spécificité objective a été estimée en faisant un ratio qui détermine quelle proportion du mouvement est attribuable au FDI selon la formule suivante.

$$Spécificité = \frac{Amp_{FDI}}{Amp_{FDI} + Amp_{ADM}}$$

En faisant la valeur absolue de la différence entre les scores Z de l'approximation de la spécificité et du jugement de spécificité, on obtient encore une fois une mesure d'écart à un jugement parfait. Le score moyen des participants était de 1,034 (E.T. 0,202).

Une série de corrélations de Pearson ont été effectuées afin de voir quelle était la nature du lien entre l'acuité du jugement de spécificité (sans transformation par valeur absolue) et le ratio de spécificité. Toutes ces corrélations se sont avérées significatives ( $p < 0.01$ ) et le coefficient moyen était de 0,593 (E.T. 0,221).

Un test t pour échantillons dépendants a été fait afin de comparer l'acuité moyenne des jugements d'amplitude à celle des jugements de spécificité, ces scores étant calculés de manière semblable (en différence de scores Z), transformé en valeur absolue). Une différence significative, où le jugement d'acuité est plus près de la valeur idéale de zéro que le jugement de spécificité, a été trouvée ( $t(19) = 6,872$  ;  $p$

< 0,001). De plus, la corrélation entre les deux scores d'acuité était significative et de moyenne à élevée ( $r = 0,717$  ;  $p = 0,001$ ).

Un test Z pour comparaison de coefficients de corrélation pour échantillons indépendants a été effectué afin de voir si le lien entre l'acuité des jugements d'amplitude et les mouvements était plus grand que celui entre l'acuité des jugements de spécificité et la spécificité approximative des mouvements. Aucune différence significative n'a été détectée par ce test ( $Z = 1,059$  ;  $p = 0,289$ ).

L'acuité des jugements de spécificité semble donc moins bonne que celle des jugements d'amplitude. La forte corrélation entre ces deux mesures d'acuité différentes est un argument supplémentaire pour le fait que certains individus ont une capacité accrue à faire des approximations précises.

### **Régression par participant**

Une série de régressions linéaires, une par participant, a été effectuée afin de déterminer la proportion de variance du jugement d'amplitude qui pouvait être expliquée par des variations objectives dans le mouvement. La méthode par entrée a été choisie afin qu'aucun préalable théorique n'influence l'ordre dans lequel les prédicteurs allaient être considérés dans le modèle. Les variables qui ont été choisies comme prédicteurs sont l'amplitude du PEM du muscle FDI et ADM, la distance et la vitesse du mouvement. Tous les scores étaient normalisés par participant afin de pouvoir comparer leurs résultats et afin que seul l'apport relatif de chaque variable ressorte dans la régression.

Tous les modèles sauf un ( $r^2 = 0,38$  ;  $p = 0,210$ ) pouvaient significativement expliquer le jugement d'amplitude ( $p < 0,05$ ). En moyenne, le pourcentage de variance expliquée par le modèle était de 41,6% (E.T. 21,47%). Il est intéressant de voir que l'étendue de ces pourcentages est très élevée, partant de 8,0% à 70,2%.

Le pourcentage des données expliquées par le modèle a été mis en lien avec les différents scores d'acuité à l'aide de corrélations de Pearson. Un lien significatif a été trouvé avec l'acuité calculée selon les PEM ( $r = -0,606$  ;  $p = 0,005$ ) et aucun lien significatif n'a été trouvé avec l'acuité calculée selon la distance ( $r = -0,322$  ;  $p = 0,179$ ) ni avec l'acuité du jugement de spécificité ( $r = -0,064$  ;  $p = 0,788$ ).

La variance résiduelle standardisée des modèles de régression a été corrélée à l'acuité du jugement d'amplitude pour chaque participant. Ce lien s'est avéré significatif pour 12 d'entre eux. Le coefficient de corrélation moyen pour tous les participants est de 0,249 (E.T. 0,249). Plus il restait de la variance non expliquée par des facteurs objectifs dans le jugement subjectif d'amplitude, plus les participants s'éloignaient d'une acuité parfaite.

### **Lien entre les questions subjectives**

Afin de déterminer si la relation entre le jugement d'amplitude et les autres questions subjectives se modifie lorsque la variance attribuable aux prédicteurs objectifs est retirée, les coefficients de corrélation entre les questions subjectives ont été comparés avant et après la rétraction de la variance attribuable aux variables objectives. Le Tableau 9. Comparaison des liens entre les questions subjectives avant et après avoir enlevé la variance attribuable aux variables objectives montre les

résultats de ces comparaisons, soit combien de participants ont vu le lien entre deux questions augmenter ou diminuer quand la variance attribuable aux variables objectives a été retirée. Le nombre de participants pour qui aucun des deux liens n'était pas significatif est aussi noté.

Le lien entre le jugement de spécificité et le jugement d'amplitude s'est significativement affaibli lorsque la variance attribuable aux prédicteurs objectifs a été retirée pour 19 des 20 sujets ( $p < 0,0025$ ). Le lien entre l'agentivité et la spécificité et le lien entre l'agentivité et le contrôle a augmenté pour huit participants chacun, et diminué pour trois et un participant respectivement.

Tableau 9. Comparaison des liens entre les questions subjectives avant et après avoir enlevé la variance attribuable aux variables objectives

	Spécificité			Contrôle			Agentivité		
	Pas de lien	↑du lien	↓du lien	Pas de lien	↑du lien	↓du lien	Pas de lien	↑du lien	↓du lien
Amplitude	1	0	19	8	4	3	6	2	4
Spécificité	--	--	--	3	7	5	1	8	3
Contrôle	--	--	--	--	--	--	2	8	1

Ainsi, une fois que seule la variance attribuable à des facteurs subjectifs est prise en considération, les liens entre l'agentivité et la spécificité ou le contrôle se renforcent significativement. Ceci pourrait témoigner d'une interdépendance ou d'une influence de l'agentivité dans la construction de d'autres jugements subjectifs.

## Stabilité du jugement d'agentivité

La présence d'une proportion similaire de participants ayant eu un jugement d'agentivité stable ou varié au long de l'expérience (8 et 12 participants, respectivement) a d'ailleurs permis la construction a posteriori de deux groupes. Une série de tests T pour échantillons indépendants a donc été effectuée afin de voir si les participants qui semblaient montrer une sensibilité plus fine au niveau du jugement d'agentivité se distinguaient en ce qui a trait à leur acuité ou à leurs caractéristiques personnelles. Tous les tests de Levene n'étaient pas significatifs ( $p > 0,05$ ). Comme le démontre le Tableau 10. Test T pour échantillons indépendants selon la stabilité du jugement d'agentivité, aucune des comparaisons effectuée n'a donné de résultat significatif (correction de Bonferonni,  $\alpha = 0,0045$ ).

Tableau 10. Test T pour échantillons indépendants selon la stabilité du jugement d'agentivité

	t	dl	p
Acuité selon les PEM	-0,841	18	0,411
Acuité selon la distance	-0,709	17	0,488
Écart type moyen PEM	0,833	18	0,416
Écart type moyen distance	-0,148	18	0,884
Spécificité moyenne	0,524	18	0,607
Contrôle moyen	1,648	18	0,110
Amplitude subjective moyenne	0,456	18	0,654
SRQ	0,716	16	0,485
MAAS	0,622	18	0,542
BAQ	0,200	18	0,844
SRS	0,860	18	0,401

Un test de Chi carré a aussi été effectué afin de voir si la distribution des participants ayant réussi à diminuer l'amplitude des PEM était semblable selon la stabilité du jugement d'agentivité. Les valeurs observées et attendues ne différaient jamais par plus de 0,2; aucune différence significative n'a donc été détectée par ce test (Chi = 0,848 ;  $p = 0,608$ ).

### **Lien avec les questionnaires**

Une corrélation significative entre le score au MAAS et au SRQ a été observée ( $r = 0,741$  ;  $p < 0,001$ ) mais aucun autre lien significatif entre les questionnaires n'a été relevé ( $p < 0,05$ ). Aucune différence significative aux résultats aux questionnaires entre les participants dont l'acuité était meilleure n'a été observée ( $p < 0,05$ ) sauf dans la sous-échelle « recherche » du SRS ( $t(16) = 2,081$  ;  $p = 0,054$ ), où les participants ayant une meilleure acuité avaient un plus haut score. Aucun lien significatif n'a été relevé entre le pourcentage de variance jugement d'amplitude expliquée par les prédicteurs objectifs n'a été relevée ( $p < 0,05$ ).

## Discussion

### Pratique

Il est intéressant de remarquer que les jugements subjectifs d'agentivité et de contrôle étaient, de manière absolue, assez bas dans l'échelle allant de 1 à 100. Ceci est conforme à ce qui était attendu; en effet, les participants sont bien à même de comprendre qu'ils ne sont pas la cause de leurs mouvements. Le fait que ce jugement soit complètement stable à 1 sur une échelle allant jusqu'à 100 pour huit participants dans le jugement d'agentivité et neuf dans le jugement de contrôle démontre que nous avons obtenu un effet plancher dans plusieurs cas. Les jugements subjectifs visant à faire une approximation des paramètres objectifs (spécificité et amplitude) comprenaient une variabilité plus grande. Ceci démontre que cet effet plancher était dirigé vers ces jugements précis : ils étaient tributaires de la situation expérimentale, et non d'une incapacité des participants à faire des jugements nuancés. La dissociation du jugement d'agentivité par rapport aux estimations des paramètres objectifs du mouvement montre que ce jugement n'était pas en réaction à un mouvement différent mais probablement plus lié à la composition même du modèle d'attribution.

Une absence d'évolution significative dans les jugements subjectifs au cours de la session de pratique porte à croire que le modèle attributif des participants n'a pas été modifié lors du premier contact avec la SMT, si ce n'est que de manière très faible tel que les contrastes linéaires effectués sur les premiers et les derniers essais de la pratique le démontrent. Si tel avait été le cas, il aurait été possible de croire

qu'une nouvelle hypothèse devait se construire ou qu'une hypothèse déjà présente se modifiait significativement dans les premiers essais afin de rendre compte adéquatement de la cause des mouvements. Cette absence de différence marquée, prise en considération avec les jugements d'agentivité d'une magnitude plutôt faible, rend légitime le postulat fait dans les sections d'introduction à l'effet que les deux hypothèses qui s'affrontent dans l'attribution causale sont d'une part une hypothèse générale de mouvement involontaire, qui l'emporte largement dans la majorité des essais, et de l'autre part, une hypothèse de mouvement volontaire, qui dans d'autres contextes est l'hypothèse par défaut.

### **Conditions**

Beaucoup d'indices nous poussent à croire que la manipulation expérimentale visant à supprimer le mouvement lors de la stimulation par SMT n'a pas fonctionné. Premièrement, l'absence d'effet au niveau du groupe indique que cet effet, même si cette possibilité semble exister selon d'autres analyses ou dans d'autres paradigmes expérimentaux (Sohn et al., 2002, 2003; Bonnard et al., 2009), n'était pas présent de manière constante dans notre manipulation expérimentale. Deuxièmement, la capacité individuelle à moduler le mouvement selon une méthode de calcul (p.ex. selon l'amplitude des PEM) n'influçait pas la probabilité d'être considéré capable de moduler le mouvement selon l'autre méthode (p.ex. la distance parcourue lors des mouvements), tel que montré par l'absence de résultats significatifs au test de khi carré comparant la répartition des participants dans ces deux catégories. L'absence d'une proportion élevée d'essais réussis lors de l'application d'un critère d'inclusion strict, même chez les participants considérés comme capables de moduler

l'amplitude de leurs mouvements, est un autre argument de poids dans la considération de l'absence de succès de la manipulation expérimentale. Une répétition de ces résultats chez les mêmes sujets ou une expérience testant la possibilité d'entraîner la capacité à moduler les PEM pourrait donner une crédibilité accrue à ces différences individuelles.

Suivant l'exposition de ces arguments, il apparaît justifié de prétendre que les conditions ne sont pas différentes dans les analyses et dans l'interprétation des résultats. Ceci a permis une puissance statistique plus élevée et permettait d'effectuer des tests paramétriques sur l'ensemble des données.

### **Acuité du jugement d'amplitude**

L'acuité des participants à juger de l'amplitude des mouvements était sensiblement bonne. En effet, leur jugement se situait en moyenne à moins d'un écart type de la mesure objective, quelle que soit la méthode de calcul. Le fort lien entre les deux méthodes de calcul de l'acuité pointe vers une capacité individuelle à se fier sur les afférences sensorielles plutôt qu'à une propension à se fier sur l'une ou l'autre des sources d'informations (dans le cas d'une corrélation inverse) ou d'un artefact (dans le cas d'une absence de lien ou d'un lien plus faible).

Pour ce qui est de la corrélation entre le score d'acuité et l'amplitude objective des mouvements, le fort lien linéaire indique plusieurs choses. Premièrement, l'acuité des jugements d'amplitude n'est pas semblable pour toutes les amplitudes de mouvements, ce qu'une absence de corrélation aurait pu confirmer. Deuxièmement, la majorité des jugements sont dans le quadrilatère comprenant les valeurs à plus ou

moins un écart type dans chaque variable, ce qui indique que les mouvements dans la moyenne sont en général jugés comme tels par les participants avec une marge d'erreur assez faible. Deuxièmement, peu de mouvements très en deçà de la moyenne ont été répertoriés, ce qui diminue la possibilité de conclure du traitement dont ils font preuve au niveau subjectif. Troisièmement, les grands mouvements ont quant à eux eu tendance à être sur-évalués. Si un mouvement à quatre écarts types de la moyenne avait été jugé subjectivement comme tel, son score d'acuité aurait été de zéro. La distance à la moyenne respective est plus grande pour les jugements subjectifs que pour leur mesure objective. En conclusion, il semble que les mouvements plus grands avaient une saillance plus élevée que les autres pour les participants se traduisant par une moins bonne acuité.

### **Acuité du jugement de spécificité**

Bien qu'il semble que les participants soient moins performants dans leurs jugements de la spécificité, il est impossible de dire si la faiblesse de l'acuité des jugements de spécificité résulte d'une moins bonne fiabilité de l'approximation de la mesure objective de la spécificité ou d'un réel jugement déficitaire à ce niveau. Les corrélations effectuées entre le ratio de spécificité et l'acuité étant semblables à celles obtenues entre l'amplitude du mouvement et l'acuité de ce jugement subjectif, il faut toutefois pencher vers la première option.

### **Régression par participant**

Une très grande variabilité a été trouvée dans la capacité des variables objectives à prédire le jugement subjectif d'amplitude. Comme un lien de moyen à fort

et négatif a été trouvé entre l'acuité des jugements d'amplitude et le pourcentage de variance expliquée, il est possible de dire que plus le participant utilisait les différentes variables objectives pour construire son jugement, plus celui-ci était précis (comme un petit score d'acuité est témoin d'une bonne précision), même si le jugement de précision ne considère qu'une des quatre variables objectives incluses dans le modèle de régression. Ce lien peut sembler trivial à prime abord, mais il témoigne d'une propension individuelle à se fier ou non aux afférences sensorielles reçues lors de l'exécution du mouvement.

La diminution globale des liens entre le jugement d'amplitude et le jugement de spécificité, une fois la variance attribuable à des variables objectives retirée, enlève la possibilité que ces jugements soient créés de concert. Si la même portion de variance était retirée par la prise en considération des variables objectives, les résidus seraient encore corrélés. L'apparition ou l'augmentation des liens entre l'agentivité, la spécificité et le contrôle sont particulièrement intéressants puisqu'ils témoignent de l'effet contraire à ce qui a été exposé sur le lien entre le jugement d'amplitude et de spécificité. Il semblerait donc que les imprécisions dans ces variables soient en liens les unes avec les autres.

### **Stabilité du jugement d'agentivité**

Le fait qu'aucune comparaison, ni même avec l'acuité, n'ait été observée entre les participants ayant un jugement d'agentivité constant et stable amène à questionner ce qui peut sous-tendre une telle stabilité. Que ce soit du côté des mesures subjectives ou des mesures objectives, même la variabilité des données

objectives n'est pas liée au fait d'avoir un jugement d'agentivité constant. On peut tenter d'expliquer ce constat par le fait que le comparateur de certaines personnes soit beaucoup plus libéral et ne détecte pas de petites variations ou encore que le système de croyances a priori soit plus rigide et fixé dès le départ.

### Composition du modèle Bayésien

En considérant que le jugement d'agentivité sur une échelle de 1 à 100 dans l'équation ci-dessous correspond à la probabilité que le mouvement soit causé par une source volontaire ( $P_{(h_v|d)}$  où  $v$  indique volontaire), il est possible de déduire de la formule de base de l'attribution bayésienne où seules deux hypothèses sont comparées (où  $i$  indique involontaire) que :

$$\left( \frac{1}{\text{Agentivité}} - 1 \right) = \frac{P_{(d|h_i)}P_{(h_i)}}{P_{(d|h_v)}P_{(h_v)}}$$

Dans un contexte de PEM induit par SMT, il est évident que la vraisemblance d'occurrence d'un mouvement volontaire ( $P_{(d|h_v)}$ ) est très faible, toutefois la probabilité préalable d'occurrence des mouvements volontaires est très élevée ( $P_{(h_v)}$ ). Le contraire survient pour ce qui est des mouvements involontaires : leur vraisemblance d'occurrence en contexte est très élevée et la probabilité préalable est faible. Comme nous avons un contrôle expérimental causal sur le déclenchement du mouvement et qu'il a été démontré plus haut que l'intention du participant ne pouvait pas influencer significativement le mouvement, il est possible de dire que  $P_{(d|h_i)} \cong 1$ . Pour les fins de la présente démonstration, il sera postulé que de manière idéale dans la vie quotidienne, les individus sont complètement en contrôle de leurs

mouvements, ce qui viendrait rendre  $P_{(h_v)} \cong 1$ . La formule théorique idéale qui sera comparée aux résultats des participants est donc la suivante :

$$\left( \frac{1}{Agentivité} - 1 \right) \cong \frac{P_{(h_i)}}{P_{(d|h_v)}}$$

Ceci veut donc dire que la variation du jugement d'agentivité des participants relève d'une évolution soit dans la probabilité préalable d'un mouvement involontaire, soit dans la vraisemblance d'occurrence d'un mouvement volontaire. Toutefois, tel que mentionné dans Perfors et al. (2011), chez un apprenant expérimenté, il est difficile de faire changer la probabilité préalable. De surcroît, les jugements d'agentivité sont relativement stables tout au long de la pratique et ne suivent pas la forme d'une courbe d'apprentissage classique, ce qui élimine la possibilité d'un ajustement de cette proportion lors de la pratique. La variance dans les jugements d'agentivité devrait donc en grande partie être due à des fluctuations dans la vraisemblance d'occurrence d'un mouvement volontaire.

Rappelons que l'intention du participant n'avait pas d'effet significatif sur l'amplitude du mouvement, que les jugements d'agentivité n'étaient pas influencés par un effet apparent de l'intention (dans les essais réussis) et même qu'en moyenne les jugements d'agentivité ne différaient pas entre les conditions.

Ceci soulève la question de la source des fluctuations dans la vraisemblance d'occurrence d'un mouvement volontaire quand même l'intention ne peut être mise en cause de manière significative. Plusieurs participants n'ont pas hésité à rapporter un jugement stable à travers tous les essais de l'expérience, ce qui serait le reflet

d'une constance de  $P_{(h_i)}$  et de  $P_{(d|h_v)}$ . Cette constance est très vraisemblable voire même attendue à la fois dans le contexte expérimental et à la lumière des résultats de groupe.

Toutefois, certains participants ont rapporté des jugements d'agentivité variés. Ces derniers ne diffèrent par contre pas, ni en terme d'acuité, ni dans les questionnaires, ni dans leur capacité apparente à réussir la tâche. Étant donné la constance de  $P_{(h_i)}$  et de  $P_{(d|h_v)}$ , il est possible de se demander pourquoi certains scores diffèrent de 1 au jugement d'agentivité. Les présents résultats suggèrent qu'il est possible qu'une source de bruit interne ayant un effet sur le jugement et non sur le mouvement soit présente dans le comparateur de certains individus. À force de subir toujours la même stimulation et pratiquement le même mouvement, les participants arrivent à anticiper de manière plus importante le mouvement qui va se produire, et ainsi ont la possibilité de créer un plan moteur artificiel qui influencerait l'afférence sensorielle à laquelle est comparée le mouvement réel. Ceci pourrait expliquer la présence de certains scores plus élevés de manière sporadique chez quelques sujets ou de manière plus soutenue chez d'autre. Il est également possible d'expliquer cette observation par le fait qu'une attention particulière au processus attributif était imposée au participant à qui on demandait de répondre à des questions sur le sujet. Le processus de jugement d'agentivité pouvait ainsi devenir plus sensible aux disparités ne dépassant habituellement pas le seuil de tolérance présentes dans le comparateur.

Il est possible que l'absence de manipulation de la rétroaction sensorielle présentée aux participants explique que nous ayons eu de la difficulté à obtenir des scores d'agentivité divers. Dans une situation écologique, le traitement conscient quant à l'agentivité n'est nécessaire que lorsqu'une trop grande discordance est détectée par le système de comparaison générant le sentiment d'agentivité selon le modèle à deux niveaux de l'agentivité de Synofzik et al. (2007). Ainsi, en demandant un jugement d'agentivité aux participants sur un mouvement qui n'en nécessite pas habituellement, il est possible que nous ayons introduit une source de bruit non désirée.

## **Conclusion**

En résumé, les résultats de la présente étude indiquent la présence d'une capacité individuelle à se former des jugements subjectifs reflétant adéquatement la réalité comme en témoigne la cohérence entre les différentes mesures d'acuité et plusieurs variables mesurant l'expérience subjective. Ils témoignent aussi de la robustesse des modèles d'attribution dans une situation nouvelle et du fait que leur adéquation avec la réalité peut changer tout dépendant des caractéristiques objectives du mouvement.

Des études futures devraient tenter de comprendre l'effet d'une manipulation expérimentale de la rétroaction sensorielle sur les modèles d'attribution et sur l'acuité des jugements afin de discriminer l'apport relatif de chaque modalité sensorielle. Il serait aussi intéressant de tester de manière plus exhaustive la possible capacité de modulation volontaire des PEM en répétant les résultats sur les mêmes sujets ou de faire un entraînement de cette capacité.

## Bibliographie

- Bohlhalter, S., Goldfine, A., Matteson, S., Garraux, G., Hanakawa, T., Kansaku, K., Wurzman, R. & Hallett, M. (2006) Neural correlates of tic generation in Tourette syndrome: an event-related functional MRI study. *Brain*, 129, 2029-2037
- Bonnard, M., Camus, M., de Graaf, J. & Pailhous, J. (2003) Direct evidence for a binding between cognitive and motor functions in humans: a TMS study, *Journal of Cognitive Neuroscience* 15:8, pp.1207–1216.
- Bonnard, M., Spieser, L., Meziane, H. B., de Graaf J. B. & Pailhous, J. (2009) Prior intention can locally tune inhibitory processes in the primary motor cortex: direct evidence from combined TMS-EEG, *European Journal of Neuroscience*, 30, pp.913–923.
- Brown, J. M., Miller, W. R., & Lawendowski, L. A. (1999) The Self-Regulation Questionnaire, In L. VandeCreek & T. L. Jackson (Eds.), *Innovations in clinical practice: A source book* (Vol. 17, pp.281-289). Sarasota, FL: Professional Resource Press.
- Brown, K.W. & Ryan, R.M. (2003) The benefits of being present: Mindfulness and its role in psychological well-being, *Journal of Personality and Social Psychology*, 84:4, pp.822-848.
- Chambers, C.D., Bellgrove, M.A., Gould, I.C., English, T., Garavan, H., McNaught, E., Kamke, M. & Mattingley, J.B. (2007) Dissociable mechanisms of cognitive control in prefrontal and premotor cortex, *Journal of Neurophysiology*, 98, pp.3638–3647.
- Ebert J. P., & Wegner, D. M. (2010). Time warp: Authorship shapes the perceived time of actions and events. *Consciousness and Cognition*, 19, 481–489.
- David, N., Newen, A. & Vogeley, K. (2008) The “sense of agency” and its underlying cognitive and neural mechanisms, *Consciousness and Cognition*, 17, pp.523–534.

- Gallagher, S. (2000) Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science, *Trends in Cognitive Science*, 4:1, pp.14-21.
- Haggard, P. (2008) Human volition: towards a neuroscience of will, *Nature Reviews Neuroscience*, 9, pp.934-946.
- Hallett, M. (2007) Volitional Control of Movement: The Physiology of Free Will, *Clinical Neurophysiology*, 118:6, pp.1179–1192.
- Jermann, F., Billieux, J. Frank, L., d'Argembeau, A., Bondolfi, G., Zermatten, A. & Van der Linden, M. (2009) Mindful Attention Awareness Scale (MAAS): Psychometric properties of the French translation and exploration of its relations with emotion regulation strategies, *Psychological Assessment*, 21:4, pp.506-514.
- Leube, D. T., Knoblich, G., Erb, M., Grodd, W., Bartels, M., & Kircher, T. T. (2003). The neural correlates of perceiving one's own movements. *Neuroimage*, 20(4), 2084–2090.
- Loporto, M., McAllister, C., Williams, J., Hardwick, R. & Holmes, P. (2011) Investigating central mechanisms underlying the effects of action observation and imagery through transcranial magnetic stimulation, *Journal of Motor Behavior*, 43:5, pp.361-373.
- Mercier, C., Aballea, A., Vargas, C.D. Paillaird, J. & Sirigu, A. (2008) Vision without Proprioception Modulates Cortico-spinal Excitability during Hand Motor Imagery. *Cerebral Cortex*, 18, 272-277.
- Moore, J.W. & Haggard, P. (2010) Intentional binding and higher order agency experience. *Consciousness and Cognition*, 19, 491-491.
- Moore, J.W., Middleton, J., Haggard, P. & Fletcher, P.C. (2012) Exploring implicit and explicit aspects of sense of agency, *Consciousness and Cognition*, 21,1748-1753.
- Perfors, A., Tenenbaum, J.B., Griffiths, T.L. & Xu, F. (2011) A tutorial introduction to Bayesian models of cognitive development. *Cognition*, 120(3), 302-321.

- Sato, A. & Yassuda, A. (2005) Illusion of sense of self-agency: discrepancy between the predicted and actual sensory consequences of actions modulates the sense of self-agency, but not the sense of self-ownership, *Cognition*, 94, pp.241–255.
- Schaefer, M., Heinze, H-J. & Galazky, I (2012) Waking up the alien hand: rubber hand illusion interacts with alien hand syndrome, *Neurocase: The Neural Basis of Cognition*, DOI:10.1080/13554794.2012.667132
- Schmidt, S., Cichy, R.M., Kraft, A., Brocke, J., Irlbacher, K. & Brandt, S.A. (2009) An initial transient-state and reliable measures of corticospinal excitability in TMS studies, *Clinical Neurophysiology*, 120, pp.987–993.
- Schwarzer, R., Diehl, M., & Schmitz, G.S. (1999) *The Self-Regulation Scale*. Berlin: Freie Universitat, Gesundheitspsychologie.
- Shields, S. A., Mallory, M. E., & Simon, A. (1989) The Body Awareness Questionnaire : Reliability and Validity, *Journal of Personality Assessment*, 53:4, pp.802-813.
- Sohn, Y.H., Wiltz, K. & Hallet, M. (2002) Effect of volitional inhibition on cortical inhibitory mechanisms, *Journal of Neurophysiology*, 88, pp.333-338.
- Sohn, Y.H., Dang, N. & Hallet, M. (2003) Suppression of corticospinal excitability during negative motor imagery, *Journal of Neurophysiology*, 90, pp.2303–2309.
- Stein, B.E. & Stanford, T.R. (2008) Multisensory integration: current issues from the perspective of the single neuron, *Nature Reviews Neuroscience*, 9, 255-266.
- Sparing, R. & Mottaghy, F.M. (2008) Noninvasive brain stimulation with transcranial magnetic or direct current stimulation (TMS/tDCS) - From insights into human memory to therapy of its dysfunction. *Methods*, 44, 329-337.
- Synofzik, M., Vosgerau, G. & Newen, A. (2008) Beyond the comparator model: A multifactorial two-step account of agency, *Consciousness and Cognition*, 17, pp.219–239.
- Vargas CD, Olivier E, Craighero L, Fadiga L, Duhamel JR, Sirigu A. 2004. The influence of hand posture on corticospinal excitability during motor imagery: a transcranial magnetic stimulation study. *Cerebral Cortex*. 14:1200--1206.

Vosgerau, G. (2007): Conceptuality in Spatial Representations, *Philosophical Psychology*, 20:3, 349-365

Wegner, D.M., Sparrow, B. & Winerman, L. (2004) Vicarious agency: experiencing control over the movements of others, *Journal of Personality and Social Psychology*, 86:6, pp.838–848.

# Annexes

## Annexe 1 – Certificat d'éthique

Université   
de Montréal

No de certificat : CÉRFAS-2011-12-232-A

Faculté des arts et des sciences  
Vice-décanat à la recherche

---

**COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE DE LA  
FACULTÉ DES ARTS ET DES SCIENCES (CÉRFAS)**

---

**CERTIFICAT D'ÉTHIQUE**

---

Le Comité d'éthique de la recherche de la Faculté des arts et des sciences, selon les procédures en vigueur et en vertu des documents qui lui ont été fournis, a examiné le projet de recherche suivant et conclu qu'il respecte les règles d'éthique énoncées dans la *Politique sur la recherche avec des êtres humains* de l'Université de Montréal :

**TITRE : *Modulation volontaire de l'excitabilité***

REQUÉRANT : *DUMONT, Laurence,* étudiant à la maîtrise,  
*Département de psychologie*  
sous la direction de :  
*Beauregard, Mario, Chercheur agrégé, Département de psychologie*

MODALITÉS D'APPLICATION  
Tout changement anticipé au protocole de recherche devra être communiqué au CÉRFAS qui en évaluera l'impact au chapitre de l'éthique.  
Toute interruption prématurée du projet ou tout incident grave devra être immédiatement signalé au CÉRFAS.  
Selon les exigences éthiques en vigueur, **un suivi annuel est minimalement exigé afin de maintenir la validité de ce certificat**, et ce, jusqu'à la fin du projet. Le questionnaire de suivi peut être consulté sur la page Web du CÉRFAS.

Jacques Moreau, président  
Comité d'évaluation accélérée

Date de délivrance : 15 février 2012  
AAAA / MM / JJ

Date d'échéance\* : 2015/02/15  
AAAA / MM / JJ

\*correspond à la date prévue de fin du projet

*Espace réservé en cas de prolongation*

# Annexe 2 – Formulaire de consentement



## FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

**Titre de la recherche:** *Modulation volontaire de l'excitabilité corticospinale*

**Chercheurs:** *Mario Beauregard, Ph.D., chercheur agrégé*  
Départements de psychologie et radiologie, Université de Montréal, Québec, Canada.

*Hugo Théoret, Ph.D., professeur agrégé,*  
Département de psychologie, Université de Montréal, Québec, Canada.

**Étudiant-chercheur:** *Laurence Dumont, Candidate à la maîtrise,*  
Département de psychologie, Université de Montréal, Québec, Canada.

### A) RENSEIGNEMENTS AUX PARTICIPANTS

*1. Objectif de la recherche*

L'objectif de cette étude est de vérifier s'il est possible de moduler de façon volontaire, i.e. consciente et intentionnelle, l'amplitude des potentiels évoqués moteurs (PEMs) induits par une stimulation magnétique transcrânienne (SMT) appliquée au niveau du cortex moteur.

*2. Participation à la recherche*

Votre participation à l'étude durera environ 90 minutes. Cette étude se déroulera au Centre de Recherche en Neuropsychologie et Cognition (CERNEC) de l'Université de Montréal.

Dans un premier temps, l'expérimentateur effectuera une localisation de l'endroit précis associé à votre main droite au niveau de votre cortex moteur (i.e., la partie du cerveau impliquée dans le contrôle du mouvement). Des pulses de SMT seront appliqués à cet endroit. Vous serez assis sur une chaise et l'expérimentateur tiendra une bobine contre votre tête. Cette bobine se compose de boucles de fils de cuivre recouvertes d'un plastique qui s'apparente à une grande cuillère (voir les photos à la page suivante).



La bobine sera appuyée fermement, mais confortablement, contre votre cuir chevelu. La bobine induira un champ magnétique qui stimulera brièvement l'endroit de votre cortex moteur associée à votre main droite. La stimulation provoquera un léger mouvement involontaire des doigts de votre main droite. Ce mouvement sera enregistré grâce à cinq électrodes placées sur les muscles de votre main droite. Il n'y aura aucun contact ou décharge électrique appliqué à votre tête. Avant le début des essais expérimentaux, une série de pulses seront utilisés afin de trouver le seuil où une réponse constante prédéterminée sera obtenue. Afin de maintenir la bobine à un endroit constant, un système stéréotaxique sera utilisé. L'expérimentateur vous demandera de faire diverses tâches pendant que les pulses seront appliqués. Spécifiquement, vous aurez soit à rester passif, à porter une attention particulière à ces pulses ou à faire un effort afin de moduler à la baisse l'amplitude des PEMs générés au niveau de votre index droit.

Après chaque stimulation et entre chaque condition, des questions sur votre expérience subjective vous seront posées (inspirés de Sato & Yassuda (2004) et de Wegner et al. (2004)). Après votre participation, des questionnaires sur certaines de vos caractéristiques personnelles relatives au contrôle de soi vous seront remis.

### 3. Confidentialité

Les renseignements que vous nous donnerez demeureront confidentiels. Chaque participant à l'étude se verra attribuer un numéro et seul le chercheur principal et/ou la personne mandatée à cet effet auront la liste des participants et des numéros qui leur auront été accordés. De plus, les renseignements seront conservés par le chercheur principal (Mario Beauregard) dans un classeur sous clé situé dans un bureau fermé. Aucune information permettant de vous identifier d'une façon ou d'une autre ne sera publiée. Ces renseignements personnels seront détruits au plus tard sept ans après la fin du projet. Seules les données ne permettant pas de vous identifier seront conservées après cette date. Des représentants autorisés des organismes de recherche, d'organismes gouvernementaux ou de comités d'éthique peuvent demander à examiner les données nominatives pour fin de vérification ou de suivis déontologiques. En cas de retrait précoce, toutes les données seront immédiatement détruites. Durant la période de conservation des données, vous aurez droit d'accès au dossier de recherche à des fins de consultation et rectification le cas échéant.

#### 4. Avantages et bénéfices

En participant à cette étude, vous pourrez contribuer à l'avancement des connaissances sur les mécanismes cérébraux de contrôle du mouvement. Vous ne recevrez toutefois aucun bénéfice individuel direct pour votre participation à l'étude

#### 5. Risques et inconvénients

La SMT a été utilisée depuis plus de 15 ans dans un très grand nombre de laboratoires à travers le monde et des paramètres de sécurité ont été développés. Dans la présente étude, toutes les précautions de sécurité recommandées sont respectées par les chercheurs. Même si cela est improbable étant donné les faibles niveaux de stimulation utilisés dans la présente étude, il est possible que les effets secondaires suivants puissent survenir:

- a) Vous pourriez ressentir des maux de tête transitoires suite à la STM (le risque est estimé à environ 10%). Ces céphalées sont attribuables à de la tension musculaire. Si vous ressentez des maux de tête, on vous offrira de l'acétaminophène. Cette substance a permis par le passé de faire disparaître les maux de têtes causés par la SMT.
- b) La SMT produit un bruit sourd. Les écouteurs utilisés (intra-auriculaire) permettront d'empêcher tout inconfort relié à la situation.

Dans le but de prévenir tout incident, vous devrez obligatoirement remplir un questionnaire détaillé afin de détecter toute contre-indication à la passation de cet examen, incluant la présence d'un stimulateur cardiaque, d'un clip d'anévrisme, de prothèse métallique ou clip valvulaire cardiaque, ainsi que de présence de métal dans le crâne.

Dans de très rares cas, un risque d'épisode épileptique peut se produire lors de l'application de la SMT répétitive. Dans la présente étude, nous utiliserons la SMT à pulsation unique et à pulsation pairée, lesquelles ne sont pas associées à un tel risque. En cas de problèmes médicaux, nous contacterons immédiatement le 911.

#### 6. Critères d'inclusion et d'exclusion

Vous êtes invité à participer à cette étude en raison des facteurs suivants (facteurs d'inclusion):

- 1) Étudiant en psychologie à l'Université de Montréal
- 2) Âgé entre 18 et 26 ans.
- 3) Ne présente pas d'antécédents psychiatriques ou neurologiques.
- 4) Vous n'avez jamais eu de commotion cérébrale. Une commotion cérébrale est définie ici comme tout coup à la tête ayant provoqué une perturbation fonctionnelle.

De plus, vous ne devez pas répondre aux critères suivants (facteurs d'exclusion)

- 1) Stimulateur cardiaque et/ou pièce de métal implantée dans la tête

- 2) Prothèse métallique ou clip valvulaire cardiaque
- 3) Acouphènes (tintement, sons ou bruits dans les oreilles)
- 4) Historique d'évanouissement
- 5) Historique de crises d'épileptie
- 6) Prise de drogues ou médicaments psychotropes
- 7) Abus de substance (c.-à-d. une utilisation drogue / boisson ayant requis une intervention) au cours des six derniers mois.

\* Les critères d'exclusion 1 et 2 réfèrent au champ magnétique pouvant provoquer une réaction imprévisible dommageable.

\* Le critère d'exclusion 3 réfère au fait que le bruit sourd de la SMT pourrait théoriquement exacerber l'acouphène.

\* Les critères 4 à 7 réfèrent au fait que ces conditions pourraient favoriser la susceptibilité d'un épisode épileptique.

7. Participation volontaire et droit de retrait

Votre participation est entièrement volontaire. Vous êtes libre de vous retirer en tout temps et par avis verbal, sans conséquence d'aucune sorte et sans devoir justifier votre décision. Si vous décidez de vous retirer de l'étude, vous pouvez communiquer avec le chercheur principal au numéro de téléphone indiqué à la dernière page de ce document. Si vous vous retirez de l'étude, les renseignements qui auront été recueillis au moment de votre retrait seront détruits.

8. Compensation et indemnisation en cas de préjudice

Vous allez recevoir 20\$ à titre de dédommagement pour votre participation à l'étude. Si vous décidez de vous retirer de l'étude, vous serez tout de même dédommagé pour votre participation.

9. Éthique et personnes ressources

Pour tout problème éthique concernant les conditions dans lesquelles se déroule votre participation à ce projet, vous pouvez, après en avoir discuté avec le responsable du projet, expliquer vos préoccupations à la présidente du Comité d'éthique de la recherche des Sciences de la santé, Mme Marie-France Daniel (Téléphone \_\_\_\_\_). Suite à cet entretien, si vous aviez des raisons sérieuses de croire que la réponse apportée est insuffisante, vous pourriez entrer en communication avec l'ombudsman de l'université, Mme Marie-Josée Rivest (Téléphone ( \_\_\_\_\_).

**B) CONSENTEMENT**

Je déclare avoir pris connaissance des informations ci-dessus, avoir obtenu les réponses à mes questions sur ma participation à l'étude et comprendre le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de cette étude.

Après réflexion et un délai raisonnable, je consens librement à prendre part à cette étude. Je sais que je peux me retirer en tout temps sans préjudice et sans devoir justifier ma décision.

Signature du participant: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nom: \_\_\_\_\_ Prénom: \_\_\_\_\_

Je déclare avoir expliqué le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de l'étude et avoir répondu au meilleur de ma connaissance aux questions posées.

Signature du chercheur : \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
(ou de son représentant)

Nom: \_\_\_\_\_ Prénom: \_\_\_\_\_

Pour toute question relative à l'étude, ou pour vous retirer de cette étude, vous pouvez communiquer avec Mario Beauregard au numéro de téléphone suivant: \_\_\_\_\_ ou à l'adresse courriel suivante

Toute plainte relative à votre participation à cette étude peut être adressée à l'ombudsman de l'Université de Montréal, au numéro de téléphone \_\_\_\_\_ ) ou à l'adresse courriel \_\_\_\_\_ (L'ombudsman accepte les appels à frais virés).

**Un exemplaire du formulaire de consentement signé doit être remis au participant**

Université de Montréal – Département de psychologie  
Initiales : \_\_\_\_\_

2011

## **Annexe 3 – Questionnaires**

*Annexe 3a* – Mindful Attention Awareness Scale (MAAS) Traduction française telle que cité dans:

Jermann, F., Billieux, J., Larøi, F., d'Argembeau, A., Bondolfi, G., Zermatten, A., & Van der Linden, M. (2009). Mindful Attention Awareness Scale (MAAS): Psychometric properties of the French translation and exploration of its relations with emotion regulation strategies. *Psychological assessment*, 21(4), 506-14. doi:10.1037/a0017032

*Annexe 3b* – Self-Regulation Schedule (SRSc) Traduction française validée. Basé sur:

Brown, J. M., Miller, W. R., & Lawendowski, L. A. (1999). The Self-Regulation Questionnaire. In L. VandeCreek & T. L. Jackson (Eds.), *Innovations in clinical practice: A source book* (Vol. 17, pp. 281-289). Sarasota, FL: Professional Resource Press.

*Annexe 3c* – Body Awareness Questionnaire (BAS) Traduction française validée. Basé sur:

Shields, S. A., Mallory, M. E., & Simon, A. (1989). The Body Awareness Questionnaire: Reliability and Validity, Awareness Questionnaire: Reliability and Validity. *Journal of Personality Assessment*, 53(4), 802-813.

*Annexe 3d* – Self-Regulation Scale (SRS) Traduction française validée (Miquelon et al., 2012), basé sur :

Schwarzer, R., Diehl, M., & Schmitz, G.S. (1999) *The Self-Regulation Scale*. Berlin: Freie Universität, Gesundheitspsychologie.

### Annexe 3a – Mindfulness Awareness Attention Scale (MAAS)

Question		Presque Toujours				Presque Jamais		
1	Il m'arrive d'éprouver une émotion et de ne pas en prendre conscience avant un certain temps.	1	2	3	4	5	6	7
2	Je casse ou renverse des choses parce que je suis inattentif(ve) ou parce que je pense à autre chose.	1	2	3	4	5	6	7
3	J'ai des difficultés à rester concentré(e) sur ce qui se passe dans le présent.	1	2	3	4	5	6	7
4	J'ai tendance à marcher rapidement pour me rendre là où je veux aller, sans prêter attention à ce qui se passe durant le trajet.	1	2	3	4	5	6	7
5	J'ai tendance à ne pas remarquer des sensations de tension physique ou d'inconfort jusqu'à ce qu'elles captent vraiment mon attention.	1	2	3	4	5	6	7
6	J'oublie le nom d'une personne presque immédiatement après l'avoir entendu pour la première fois.	1	2	3	4	5	6	7
7	Il me semble que je fonctionne « en mode automatique » sans être très conscient(e) de ce que je fais.	1	2	3	4	5	6	7
8	Je fais les choses très rapidement sans y prêter vraiment attention.	1	2	3	4	5	6	7
9	Je suis tellement focalisé(e) sur le but que je veux atteindre que je perds de vue ce que je suis en train de faire pour y parvenir.	1	2	3	4	5	6	7
10	Je fais des travaux ou des tâches de manière automatique, sans me rendre compte de ce que je suis en train de faire.	1	2	3	4	5	6	7
11	Je me surprends à écouter quelqu'un d'une oreille tout en faisant autre chose.	1	2	3	4	5	6	7
12	Je me déplace en voiture « en pilotage automatique » et il m'arrive d'être étonné(e) de me retrouver là où je suis.	1	2	3	4	5	6	7
13	Je me surprends à être préoccupé(e) par l'avenir ou le passé.	1	2	3	4	5	6	7
14	Je me surprends à effectuer des choses sans y prêter attention.	1	2	3	4	5	6	7
15	Je grignote sans réaliser que je suis en train de manger.	1	2	3	4	5	6	7

### Annexe 3b - Self-Regulation Schedule (SRSc)

Questions	Fortement en désaccord	En désaccord	Ni d'accord ni en désaccord	En accord	Fortement en accord
1 Habituellement, je fais le suivi de mon progrès vers mes buts	1	2	3	4	5
2 Mon comportement n'est pas totalement différent de celui des autres personnes	1	2	3	4	5
3 Les autres me disent que je continue certaines choses trop longtemps	1	2	3	4	5
4 Je doute pouvoir changer même si je le voulais	1	2	3	4	5
5 J'ai de la difficulté à me faire une idée à propos des choses	1	2	3	4	5
6 Je suis facilement distrait de mes plans	1	2	3	4	5
7 Je me récompense pour un progrès vers mes buts	1	2	3	4	5
8 Je ne remarque pas les effets de mes actions avant que ce soit trop tard	1	2	3	4	5
9 Mon comportement est similaire à celui de mes amis	1	2	3	4	5
10 Il est difficile pour moi de voir un avantage à changer ma manière d'agir	1	2	3	4	5
11 Je suis capable d'accomplir les buts que je me fixe	1	2	3	4	5
12 Je remets à plus tard la prise de décisions	1	2	3	4	5
13 J'ai tellement de plans qu'il est difficile pour moi de me centrer sur un en particulier	1	2	3	4	5
14 Je change ma manière de faire les choses lorsque je vois un problème avec leur déroulement	1	2	3	4	5
15 Il est difficile pour moi de remarquer quand j'ai eu assez de quelque chose (alcool, nourriture, suceries)	1	2	3	4	5
16 Je pense beaucoup à ce que les autres pensent de moi	1	2	3	4	5
17 Je suis ouvert à considérer d'autres manières de faire les choses	1	2	3	4	5
18 Si je voulais changer, j'ai confiance que je pourrais le faire	1	2	3	4	5
19 Quand vient le temps de prendre une décision par rapport à un changement, je me sens submergé par les choix	1	2	3	4	5
20 J'ai de la difficulté à donner suite aux choses une fois que j'ai pris la décision de faire quelque chose	1	2	3	4	5
21 Je n'ai pas l'impression d'apprendre de mes erreurs	1	2	3	4	5

Questions	Fortement en désaccord	En désaccord	Ni d'accord ni en désaccord	En accord	Fortement en accord
22 Je suis habituellement prudent de ne pas trop en faire lorsque je travaille, mange, bois.	1	2	3	4	5
23 J'ai tendance à me comparer avec les autres personnes	1	2	3	4	5
24 J'apprécie la routine et j'aime que les choses restent pareilles	1	2	3	4	5
25 Je suis déjà allé chercher des conseils ou de l'information à propos d'un changement	1	2	3	4	5
26 Je peux penser à plusieurs manières de changer mais il est difficile pour moi de décider laquelle	1	2	3	4	5
27 Je peux m'en tenir à un plan qui fonctionne bien	1	2	3	4	5
28 Il me suffit habituellement de faire une erreur une fois pour apprendre de celle-ci	1	2	3	4	5
29 Je n'apprends pas bien suite aux punitions	1	2	3	4	5
30 J'ai des standards personnels et j'essaie de vivre à la hauteur de ceux-ci	1	2	3	4	5
31 Ma manière d'agir est fixée	1	2	3	4	5
32 Dès que je vois un problème ou une difficulté, je commence à chercher des solutions possibles	1	2	3	4	5
33 J'ai de la difficulté à me fixer des buts	1	2	3	4	5
34 J'ai beaucoup de volonté	1	2	3	4	5
35 Quand j'essaie de changer quelque chose, je porte beaucoup d'attention à comment je vais	1	2	3	4	5
36 Je juge habituellement ce que je fais selon les conséquences de mes actions	1	2	3	4	5
37 Ça ne me dérange pas si je suis différent de la majorité des gens	1	2	3	4	5
38 Dès que je vois que les choses ne vont pas bien, je veux faire quelque chose à ce sujet	1	2	3	4	5
39 Il y a habituellement plus d'une façon d'accomplir quelque chose	1	2	3	4	5
40 J'ai de la difficulté à faire des plans pour m'aider à atteindre mes buts	1	2	3	4	5
41 Je suis capable de résister à la tentation	1	2	3	4	5
42 Je me fixe des buts et je fais le suivi de mon progrès	1	2	3	4	5
43 La plupart du temps, je ne porte pas attention à ce que je fais	1	2	3	4	5

44	J'essaie d'être comme les gens autour de moi	1	2	3	4	5
Questions		Fortement en désaccord	En désaccord	Ni d'accord ni en désaccord	En accord	Fortement en accord
45	J'ai tendance à continuer à faire la même chose, même lorsque ça ne fonctionne pas	1	2	3	4	5
46	Je peux habituellement trouver différentes possibilités quand je veux changer quelque chose	1	2	3	4	5
47	Une fois que j'ai un but, je peux habituellement planifier comment l'atteindre	1	2	3	4	5
48	J'ai des règles auxquelles je me conforme, peu importe ce qu'il advient	1	2	3	4	5
49	Si je prends la résolution de changer quelque chose, je porte beaucoup d'attention à comment je vais	1	2	3	4	5
50	Souvent, je ne remarque pas ce que je suis en train de faire jusqu'à ce que quelqu'un l'amène à mon attention	1	2	3	4	5
51	Je pense beaucoup à comment je vais	1	2	3	4	5
52	Habituellement, je vois le besoin de changer avant les autres	1	2	3	4	5
53	Je suis bon pour trouver différentes façons d'obtenir ce que je veux	1	2	3	4	5
54	Habituellement, je pense avant d'agir	1	2	3	4	5
55	De petits problèmes ou distractions m'amènent hors de mon chemin	1	2	3	4	5
56	Je me sens mal quand je n'atteins pas mes buts	1	2	3	4	5
57	J'apprends de mes erreurs	1	2	3	4	5
58	Je sais comment je veux être	1	2	3	4	5
59	Je suis agacée lorsque les choses ne sont pas comme je veux qu'elles soient	1	2	3	4	5
60	J'appelle les autres à l'aide lorsque j'en ai besoin	1	2	3	4	5
61	Avant de prendre une décision, je considère ce qui est probable d'arriver si je fais une chose plutôt qu'une autre	1	2	3	4	5
62	J'abandonne rapidement	1	2	3	4	5
63	Habituellement, je décide de changer puis espère que tout ira mieux	1	2	3	4	5

### Annexe 3c - Body Awareness Questionnaire

Questions	Pas du tout vrai à propos de moi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Très vrai à propos de moi
1 Je remarque des différences dans la manière de réagir de mon corps à certains aliments	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
2 Je peux toujours dire quand je me cogne et si cela résultera ou non en une ecchymose	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
3 Je sais toujours quand je me suis exercé au point où je vais avoir des courbatures le lendemain	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
4 Je suis toujours conscient des changements dans mon niveau d'énergie lorsque je mange certains aliments	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
5 Je sais en avance quand je vais avoir la grippe	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
6 Je sais que je fais de la fièvre sans prendre ma température	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
7 Je peux faire la distinction entre la fatigue causée par la faim et la fatigue causée par un manque de sommeil	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
8 Je peux prédire précisément quand dans la journée le manque de sommeil va me rattraper	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
9 Je suis conscient d'un cycle dans mon niveau d'activité au cours de la journée	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
10 Je ne remarque pas de rythmes saisonniers ou de cycles dans la manière qu'a mon corps de fonctionner	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
11 Dès que je me lève le matin, je sais combien d'énergie j'aurai au cours de la journée	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
12 Quand je me couche, je peux dire à quel point je vais bien dormir cette nuit-là	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
13 Je remarque des réactions distinctes dans mon corps lorsque je suis fatigué	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
14 Je remarque des réactions spécifiques dans mon corps aux changements de température	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
15 Je peux prédire combien de sommeil j'aurai besoin la nuit afin de me réveiller frais et dispos	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
16 Lorsque mes habitudes d'exercice physique changent, je peux très précisément prédire comment cela affectera mon niveau d'énergie	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
17 Il semble y avoir un "meilleur" moment pour que j'aille me coucher la nuit	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
18 Je remarque des réactions spécifiques dans mon corps lorsque je suis affamé	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

### Annexe 3d – Self-Regulation Scale

Question	Pas du tout vrai	Un peu vrai	En partie vrai	Complètement vrai
Je peux me concentrer sur une activité ou une tâche pendant très longtemps, si nécessaire.	1	2	3	4
Si je suis distrait pendant une activité ou une tâche, je n'ai aucun problème à revenir rapidement à mon sujet.	1	2	3	4
Si une activité ou une tâche éveille trop mes émotions et mes sentiments, je peux me calmer afin de revenir rapidement à celle-ci.	1	2	3	4
Si une activité ou une tâche exige une attitude centrée sur la résolution de problème, je peux contrôler mes émotions.	1	2	3	4
Il est difficile pour moi de supprimer les pensées qui interfèrent avec ce que je dois faire.	1	2	3	4
Je peux contrôler les pensées susceptibles de me distraire de la tâche ou de l'activité en cours.	1	2	3	4
Quand je m'inquiète de quelque chose, je ne peux pas me concentrer sur une activité ou sur une tâche.	1	2	3	4
Après l'interruption d'une tâche ou d'une activité, je n'ai aucun problème à reprendre ma façon concentrée de travailler.	1	2	3	4
J'ai de nombreux sentiments et pensées qui gênent ma capacité à travailler de façon concentrée.	1	2	3	4
Je reste concentré sur mon objectif et je ne permets à rien de me distraire de mon plan d'action.	1	2	3	4

## Annexe 4 – Questions subjectives après chaque essai

1.....À.....100

Totalement en désaccord

Totalement en accord

<b>1. Agentivité</b>	C'est moi qui ai produit le mouvement de mon doigt
<b>2. Propriété</b>	C'est mon doigt qui a bougé (par rapport à ma main)
<b>3. Contrôle</b>	J'étais en contrôle du mouvement de mon doigt
<b>4. Amplitude</b>	Le mouvement de mon doigt était à son amplitude maximale

## Annexe 5 – Questions subjectives entre les conditions

Question	Pas du tout ----- Totalement						
<p><b>A quel point aviez-vous l'impression de pouvoir anticiper les mouvements de votre doigt</b></p>	1	2	3	4	5	6	7
<p><b>Combien de contrôle aviez-vous l'impression d'avoir sur les mouvements de votre doigt</b></p>	1	2	3	4	5	6	7
<p><b>A quel point ressentiez-vous que vous bougiez volontairement votre doigt</b></p>	1	2	3	4	5	6	7
<p><b>A quel point ressentiez-vous que vous étiez l'instigateur des mouvements de votre doigt</b></p>	1	2	3	4	5	6	7

## Annexe 6 – Questionnaire post-expérimental

1. Quelles stratégies avez-vous utilisées afin de tenter de moduler l'amplitude de vos mouvements?

2. Est-ce que certaines stratégies vous semblaient plus efficaces que d'autres?

3. Quelles stratégies avez-vous utilisées afin de porter attention à vos mouvements?

4. Quelles stratégies avez-vous utilisées lors des essais où vous deviez rester passif?

5. Comment feriez-vous la distinction entre vos stratégies dans les différentes conditions?

6. Avez-vous ressenti une forme d'inconfort pendant l'expérimentation?

7. Avez-vous d'autres commentaires?