Formulaire de soumission au CERGA

RESUME du projet *(en une page)*

## Titre du projet :

1. Le codage perceptif des différentes dimensions de l’espace

## Domaine scientifique :

1. Psychologie cognitive

## Chercheur titulaire (1 seul) responsable scientifique du projet :

Professeur Dominic Pérennou, PUPH

Service de Médecine Physique et Réadaptation Neurologique,

CHU Grenoble-Alpes, Hôpital Sud, Avenue Kimberley, BP 338, 38434 Echirolles cedex, France

Téléphone 04 76 76 54 24

[DPerennou@chu-grenoble.fr](mailto:DPerennou@chu-grenoble.fr)

## Autres chercheurs participant au projet :

Eve Dupierrix

Maître de Conférences

Laboratoire de Psychologie et Neurocognition CNRS UMR 5105

UGA

Bâtiment Michel Dubois

cs40700 - 38058 Grenoble Cedex 9 France

[evedupierrix@gmail.com](mailto:evedupierrix@gmail.com)

Céline Piscicelli

Neuropsychologue

Service de Médecine Physique et Réadaptation Neurologique

Tél. +33 (0)4 76 76 60 60

[CPiscicelli@chu-grenoble.fr](mailto:CPiscicelli@chu-grenoble.fr" \t "_blank)

Rémi Lafitte Doctorant

Laboratoire de Psychologie et Neurocognition CNRS UMR 5105

UGA

Bâtiment Michel Dubois

cs40700 - 38058 Grenoble Cedex 9 France

Téléphone 06 37 36 26 62

[remi.lafitte@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:remi.lafitte@univ-grenoble-alpes.fr)

## Lieu(x) de recherche (endroit(s)) où l’étude va être conduite :

Service de Médecine Physique et Réadaptation Neurologique,

CHU Grenoble-Alpes, Hôpital Sud, Avenue Kimberley, BP 338, 38434 Echirolles cedex, France

**ou**

Laboratoire de Psychologie et Neurocognition CNRS UMR 5105

UGA

Bâtiment Michel Dubois

cs40700 - 38058 Grenoble Cedex 9 France

## Objectif principal (5 lignes max.) :

La perception de l’espace implique de coder la position d’un objet par rapport à son propre corps ou par rapport à l’environnement, ou de coder l’orientation d’un objet par rapport à la gravité. Le codage spatial d’un objet se réalise donc dans différentes dimensions à la fois (horizontale, verticale, et sagittale). Notre objectif est de déterminer si ces différentes dimensions spatiales sont codées de manière indépendante. Nous examinerons par exemple, si la perception spatiale égocentrée et gravito-centrée résulte de deux processus distincts ou bien d’un seul et même processus. Pour cela, nous testerons chez l’adulte sain si un biais spatial égocentré peut induire causalement un biais spatial gravito-centré, et inversement.

**Je prends connaissance du fait que l’avis rendu par le CERGA ne concerne que le projet de recherche présenté dans ce document.**

**Date : 25/02/2020**

**Signature numérisée du responsable scientifique :** 

**Signature numérisée du responsable du laboratoire :**

1. DESCRIPTION SOMMAIRE DU PROJET

## A. Contexte et intérêt scientifiques

Ce projet de recherche vise à déterminer si la perception spatiale dans les dimensions horizontale et verticale, sont indépendantes ou peuvent mobiliser des processus communs.

Généralement, le terme « perception spatiale » renvoie au codage en position ou en orientation d’un objet par rapport à un jeu de coordonnées que l’on nomme « référentiel ». La position d’un objet peut être codée dans la dimension horizontale, tandis que l’orientation d’un objet peut être codée dans la dimension verticale. Dans la littérature, la perception spatiale chez le sujet sain est souvent étudiée dans une seule dimension à la fois (une position ou une orientation), ne laissant pas la possibilité de mesurer si la perception spatiale dans une dimension est liée à la perception spatiale dans une autre dimension. Quelques rares études suggèrent pourtant un lien étroit entre différents types de codages spatiaux via l’utilisation de stimulations sensorielles. Ainsi, une stimulationvestibulaire peut induire simultanément un biais de perception spatiale dans les dimensions horizontale et verticale.. Davantage d’étude permettant de tester ce lien éventuel entre perception spatiale horizontale et verticale doivent donc être menées afin de mieux appréhender comment nous percevons la nature multi-dimensionnelle de l’espace. . Le système cognitif encode-t-il une « mosaïque » de représentations spatiales horizontale et verticale (indépendantes), ou bien encode-t-il directement une représentation spatiale en deux dimensions (dépendantes) ?

Différentes tâches spatiales permettent d’évaluer ces divers codages de l’espace. D’un point de vue terminologique, nous désignerons par « tâche spatiale horizontale » les tâches impliquant de juger la position d’un objet sur un gradient gauche-droite. Ce codage positionnel est effectué soit par rapport au corps (référentiel égocentré) soit par rapport à un autre objet (référentiel allocentré). Nous désignerons par « tâche spatiale verticale » les tâches qui impliquent de juger l’orientation d’un objet dans le plan frontal (e.g., inclinaison vers la gauche) ou sagittal (e.g., inclinaison vers l’arrière). Ce codage en orientation est effectué soit par rapport à la verticale corporelle (référentiel égocentré) soit par rapport à la verticale gravitaire (référentiel gravito-centré).

Ainsi, comme annoncé ci-dessus, il a été démontré que des stimulations sensorielles pouvaient biaiser à la fois la perception spatiale horizontale et verticale. Par exemple, des sujets recevant une stimulation excitatrice du nerf vestibulaire droit perçoivent le milieu d’une ligne biaisée vers la droite comparé au milieu objectif (Fèrre, Longo, Fiori, & Haggard, 2013). Dans une autre étude, le même protocole induit une perception biaisée de la verticale gravitaire (Volkening et al., 2014). De plus, des études de neuro-imagerie suggèrent que les aires cérébrales impliquées dans la perception spatiale horizontale sont aussi impliquées dans la perception spatiale verticale gravito-centrée (Brandt, Dieterich, & Danek, 1994 ; Chechlacz et al., 2010 ; Rousseaux, Braem, Honoré, & Saj, 2015). Enfin, d’autres données issus de la neuropsychologie argumentent en faveur de ce lien chez le sujet sain en montrant qu’une atteinte localisée du système nerveux central s’accompagne de la présence de biais spatiaux systématiques dans différentes dimensions comme mesurés dans des tâches « horizontales » et « verticales » (Kerkhoff, 1999).

## B. Objectifs

Si l’ensemble de ces résultats suggère que les codages perceptifs de l’espace dans les dimensions horizontale et verticale partagent des processus communs, aucune étude n’a testé directement cette hypothèse en évaluant, dans une même étude, la perception de l’espace dans différentes dimensions. Notre objectif est donc de tester cette hypothèse chez des adultes sains en évaluant expérimentalement l’existence d’un lien entre les différents codages perceptifs de l’espace (position et orientation). Ceci nous permettra de mieux comprendre les processus impliqués dans la cognition spatiale chez le sujet sain et plus particulièrement de proposer un modèle théorique prenant en compte la nature multi-dimensionnelle de l’espace. **Notre problématique relève donc d’un domaine de recherche purement « fondamental »**. Rappelons que les outils et modèles théoriques élaborés par la recherche fondamentale sont ensuite fréquemment utilisés par la recherche « appliquée » dans des cadres cliniques, pédagogiques, etc. Par exemple, un modèle théorique portant sur le codage de l’espace en 2D trouverait des applications dans le champ de la rééducation clinique : des patients qui tombent fréquemment à cause d’une perception erronée de la verticalité pourrait peut-être bénéficier d’un entraînement améliorant la perception spatiale horizontale. Bien que nous ne nous intéresserons pas ici à la recherche appliquée, il est bon de rappeler que la recherche fondamentale, au cœur de notre démarche, a des effets positifs indirects via la recherche appliquée.

## C. Hypothèses générales

De façon générale, nous examinerons chez l’adulte sain si l’induction d’un biais spatial dans ladimension horizontale induit également un biais spatial dans la dimension verticale, et vice-versa. Par exemple, nous évaluerons si le paradigme d’adaptation prismatique, connu pour induire un biais spatial égocentré dans la dimension horizontale, biaise également la perception de la verticale corporelle ou gravitaire ). Inversement, nous examinerons si l’implémentation en réalité virtuelle de divers protocoles, connus pour biaiser la perception de la verticale gravitaire, affecte également le codage de la perception spatiale horizontale égocentrée ou allocentrée.

## D. Conflits d’intérêts

1. Aucun conflit d’intérêt.

2. MATERIEL ET METHODES

Nous testerons nos hypothèses à travers 4 à 6 expériences différentes, sur une durée de 3 ans. Nous détaillons ici un protocole générique, commun à ces différentes expériences. Nous présentons plus en détail la première expérience, dont les résultats auront pour fonction de guider nos choix méthodologiques pour les expériences suivantes (e.g., le choix des tâches spatiales utilisées, le nombre de participants...).

# A. Participants

## Nombre exact de participants ou « fourchette » approximative :

Les participants seront des adultes sains composés d’hommes et de femmes âgés de 18 à 65 ans. Notre objectif serait de recruter, pour chaque expérience, environ 40 à 80 participants afin d’obtenir une puissance statistique atteignant 70/80%, en anticipant une taille d’effet moyenne, et avec un seuil de significativité fixé à 5%. Ainsi, nous aurons 70/80% de chance d’observer un effet significatif si celui-ci existe. Lorsqu’il sera possible de manipuler nos variables principales en « intra-sujet » (i.e., chaque participant soumis à toutes les conditions de l’expérience), nous recruterons environ 40 participants. Lorsque nous devrons manipuler nos variables en « inter-sujet » (i.e., chaque participant soumis à une seule condition expérimentale), nous prévoyons de recruter environ 80 participants.

Enfin, les tailles d’effet obtenues dans la première expérience seront prises en compte pour ajuster au mieux le nombre de participants dans les expériences suivantes. Par exemple, de petites tailles d’effet dans la première expérience nous inciteront à augmenter le nombre de participants dans les expériences suivantes tandis que de larges tailles d’effet observées dans la première expérience nous encouragera à conserver le même nombre de participants par la suite.

## Recrutement :

Un appel à recrutement avec un descriptif de l’expérience sera posté sur le site internet du LPNC, dans l’onglet « Expérimentation en cours » (https://lpnc.univ-grenoble- alpes.fr/Experimentations-en-cours-590). Si le nombre de participants recrutés par ce biais n’est pas suffisamment important ou si la période d’étude n’est pas favorable au recrutement d’étudiants (e.g., période d’examen ou de vacances scolaires), un appel à recrutement sera diffusé par e-mail au sein du personnel de l’UFR et du LPNC. Ce mode de recrutement ciblera principalement les étudiants en psychologie.

Critères d’inclusion :

- Consentement éclairé signé

- Age compris entre 18 et 65 ans

- Compréhension de la langue française

- Droitiers

- Vision et audition normales ou corrigées à la normale

Critères de non-inclusion :

- Présence de troubles neurologiques, vestibulaires, visuels non compensés, ostéo-articulaires, ou cardiovasculaires avérés susceptibles d'interférer avec l’équilibre

- Vertige aigu

- Asymétrie posturale (amputation, fracture)

- Sujet visé aux articles L1121-5 5 (femme enceinte, parturiente, mère qui allaite), L1121-6 (personne privée de libertés par décision judiciaire ou administrative), L1121-7 (mineurs), L1121-8 (personnes majeures faisant l'objet d'une mesure de protection légale ou hors d'état d'exprimer leur consentement) du Code de la Santé Publique.

Les critères d’inclusion et de non-inclusion seront spécifiés dans l’appel à recrutement, puis vérifiés après la signature du consentement, en donnant aux participants une liste d’affirmation pour lesquelles ils devront indiquer si l’une d’entre elles au moins est vraie, sans préciser laquelle à l’expérimentateur (voir Annexe 2).

## Indemnisation éventuelle des sujets :

Les participants ne recevront pas d’indemnité financière pour leur participation. Une indemnité sous forme de bons d’expérience pourra être délivrée aux étudiants en psychologie participants à l’une de ces expériences : ils recevront un bon d’expérience dans l’unité d’enseignement de leur choix, en fonction du temps passé dans l’étude (15 min = 0.25 points, avec un maximum de 1 point par unité d’enseignement).

# B. Méthode

**Description du protocole :**

Expérience 1 : L’influence de l’adaptation prismatique sur la perception de la verticale gravitaire

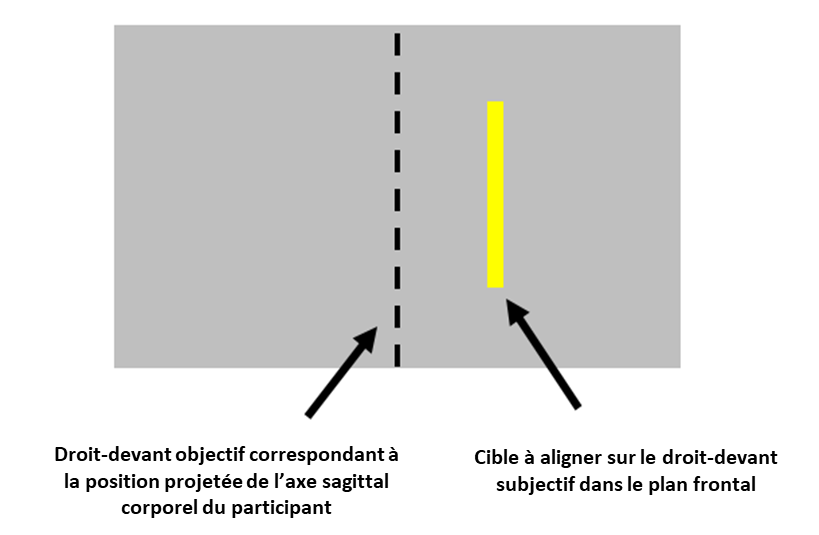
Ce paradigme consistera à utiliser le paradigme d’adaptation prismatique (décrit ci-dessous dans la phase test) connu pour biaiser latéralement la perception de l’espace. L’objectif est d’examiner si cette intervention biaise également la perception de l’orientation. En d’autres termes, nous voulons induire un biais spatial dans la dimension horizontale et tester si cette intervention induit également un biais spatial dans la dimension verticale. Cette expérience, d’une durée totale comprise entre 60 et 90 minutes, comportera 3 phases que l’ensemble des participants réaliseront : 1) une phase pré-test visant à évaluer la perception spatiale dans différentes dimensions, 2) une phase test d’adaptation prismatique visant à induire un biais latéral de la perception spatiale, et 3) une phase post-test identique au pré-test visant à évaluer les éventuels biais spatiaux induits par la phase test par rapport au pré-test.

**(1) Durant le pré-test**, les participants devront réaliser des tâches spatiales classiques dans les dimensions « horizontale » (égocentrées et allocentrées) et « verticale » (gravito-centrée). La perception spatiale « horizontale » sera évaluée avec des tâches spatiales classiques telles que celles décrites ci-dessous. 1) La tâche de droit-devant proprioceptif consistera à demander aux participants de pointer leur index les yeux fermés vers leur droit-devant subjectif (axe imaginaire qui indique la direction de l’horizon). Nous mesurerons la déviation angulaire du droit-devant subjectif indiqué par la position de leur index par rapport au droit-devant objectif ou la direction de l’horizon. 2) La tâche de droit-devant visuel consistera à demander aux participants d’aligner latéralement une barre lumineuse verticale (projetée ou affichée sur un écran large) sur la projection de l’axe sagittal de leur corps. Pour ce faire, les participants devront déplacer la ligne latéralement via une réponse clavier ou une manette. Nous mesurerons la distance entre la position projetée de l’axe sagittal de leur corps et la position de la barre lumineuse ajustée par le participant (voir Figure 1). 3) La tâche de bissection de lignes manuelle consistera à demander aux participants de marquer, par un trait vertical, le milieu d’une ligne horizontale affichée sur un écran tactile. Ce dispositif nous permettra d’enregistrer directement la distance entre la position de la marque dessinée par le participant et le milieu objectif de la ligne présentée à l’écran. 4) La tâche de bissection perceptive (« landmark task ») consistera à demander aux participants d’indiquer, en appuyant sur un bouton réponse, si une ligne horizontale pré-sectionnée affichée sur un écran est marquée à gauche ou à droite de son milieu. A partir des réponses « gauche » ou « droite » enregistrées à chaque essai, une méthode psychophysique nous permettra d’estimer les milieux subjectifs des lignes présentées (en calculant notamment les points d’égalité subjective correspondant à la position de la section sur la ligne pour laquelle il y a 50% de réponse « gauche » et 50% de réponse « droite »). La perception spatiale de la verticale gravitaire sera évaluée en demandant aux participants d’orienter à la verticale soit une barre lumineuse (tâche de verticale visuelle), soit leur propre corps (tâche de verticale posturale), dans le plan frontal et/ou sagittal. Pour la tâche de verticale visuelle, les participants devront par exemple tourner une barre lumineuse affichée sur un écran dans le sens horaire ou anti-horaire en appuyant sur un bouton ou en manipulant une manette jusqu’à ce que la barre leur paraisse à la verticale. Nous mesurerons l’écart angulaire entre la direction gravitaire et la celle de la barre ajustée par le participant. Les figures 2 et 3 illustrent les roues utilisées pour mesurer la verticale posturale dans le plan frontal et sagittal, respectivement. Selon le matériel utilisé, les participants seront inclinés dans le plan frontal ou sagittal et devront replacer leur corps à la verticale via des indications verbales données à l’expérimentateur. Nous mesurerons l’écart angulaire entre la direction gravitaire et celle du corps une fois ajustée par le participant à l’aide d’un inclinomètre. Cette tâche peut induire un inconfort chez certains sujets. Dans ce cas, l’étude sera arrêtée immédiatement. Comme cela est clairement explicité dans le consentement, les participants sont en effet libres d’arrêter l’étude à tout moment s’ils le demandent ou à la moindre gêne ressentie (sensation désagréable, inconfort, vertige...). Enfin, nous savons que la représentation de la verticale gravitaire a un effet sur le contrôle postural. Alors, si l’adaptation prismatique influence la perception de la verticale gravitaire, nous devrions également observer des changements posturaux. C’est pourquoi, nous prévoyons aussi d’enregistrer les indices de stabilisation et d’asymétrie posturale du participant en station debout (posturographie) ou encore de mesurer l’inclinaison de la tête et du tronc en 3D à l’aide de capteurs inertiels (Système XSens©). Le test de posturographie consistera pour le participant à simplement se tenir debout, habillé en chaussette, sur une plateforme équipée de jauges (une balance en quelque sorte). Plusieurs essais de 30 secondes seront réalisés, les yeux ouverts ou fermés. Ce test permettra de mesurer le centre de masse du participant en enregistrant la distribution du poids du corps sur chaque pied. Les capteurs inertiels sont des capteurs sans fil (« Bluetooth ») placés sur la tête, le tronc, et le bassin. Le participant reste habillé. Un logiciel enregistre à distance l’orientation de ces segments corporels. Cette approche présente l’avantage de mesurer la complexité anatomique du contrôle postural.

Cette phase pré-test ne devra pas durer plus de 25 minutes afin de ne pas fatiguer le participant. Parmi le panel de tâches spatiales possibles, deux tâches seront généralement proposées aux participants (4 tâches au maximum). Des études pilotes nous permettront d’ajuster le nombre d’essais optimal pour chaque tâche afin de respecter cette contrainte temporelle.

**(2) Durant la phase test**, d’une durée d’environ 20 minutes, les participants réaliseront une tâche d’adaptation prismatique : les participants seront assis devant une table graduée comportant deux cibles, et porteront des lunettes prismatiques déviant visuellement le champ visuel de 15° vers la droite (40 participants dans le groupe d’adaptation prismatique à droite, Groupe D) ou vers la gauche (40 participants dans le groupe d’adaptation prismatique à gauche, Groupe G). Un troisième groupe, composé de 40 participants, effectuant la tâche sans prismes (groupe « contrôle ») pourra également être inclus dans l’étude. La tâche des participants sera de pointer vers les cibles visuelles, positionnées sur la table de gauche à droite par rapport à l’axe sagittal corporel du participant. Chaque participant réalisera au total 250 pointages, en accord avec les recommandations d’une récente méta-analyse (McIntosh, Brown, & Young, 2019). Dans le groupe contrôle qui ne porte pas de prismes, la cible est perçue là où elle se trouve réellement. Ce n’est pas le cas dans les groupes expérimentaux portant des prismes, pour lesquels la cible est perçue 15° à gauche ou à droite de la cible réelle, induisant ainsi, lors des premiers essais, des erreurs de pointage dans la même direction que la déviation prismatique. Au fur et à mesure des essais, nous devrions observer une diminution progressive des erreurs de pointage dans ces deux derniers groupes, mettant ainsi en évidence une adaptation prismatique.

**(3) La phase post-test** sera identique à la phase pré-test : les participants retireront les prismes portés dans la phase test et réaliseront les mêmes tâches spatiales que durant le pré-test. Lors du retrait des prismes, les erreurs de pointage sont communément observées dans le sens inverse à la déviation prismatique. De la même façon, les effets de l’adaptation prismatique sur la perception spatiale dans la dimension « horizontale » (sur la tâche de droit-devant par exemple) sont largement documentés et démontrent l’efficacité de ce protocole pour déplacer latéralement le référentiel égocentré dans le sens inverse à la déviation prismatique. Cette déviation latérale du référentiel égocentré induit par l’adaptation prismatique est mise en évidence par la comparaison des déviations du droit-devant subjectif mesurées lors du post-test avec celles du pré-test. De la même façon, nous pourrons également comparer les erreurs angulaires des tâches de verticale mesurées au cours du post-test avec celle du pré-test afin de démontrer l’influence de ce protocole non seulement sur la perception « horizontale » mais également sur la perception « verticale » de l’espace.



**Figure 1.** Tâche de droit-devant visuel. Le participant devra aligner la barre lumineuse qui s’affichera sur l’écran droit-devant eux.



**Figure 2.** Matériel utilisé dans la tâche de verticale posturale dans le plan frontal. Le participant, assis dans la roue avec la tête, le tronc, et les jambes stabilisés grâce à des sangles, est incliné dans le plan frontal (figure extraite de Pérennou et al., 2008).



**Figure 3.** Matériel utilisé pour la tâche de verticale posturale dans le plan sagittal. Le participant, assis dans la roue avec la tête, le tronc, et les jambes stabilisés grâce à des sangles, est incliné dans le plan sagittal (figure extraite de Barbieri et al., 2008).

**Expériences suivantes**

Tandis que l’expérience 1 utilise un paradigme d’entrainement connu pour biaiser la perception spatiale « horizontale » afin de tester l’influence de ce paradigme sur la perception spatiale « verticale », les expériences suivantes seront menées afin de démontrer l’effet inverse, à savoir l’influence sur la perception spatiale « horizontale » d’un entrainement connu pour biaiser la perception spatiale « verticale ». En effet, démontrer que des biais de la perception spatiale « horizontale » et « verticale » s’observent de façon concomitante corroborerait fortement notre hypothèse générale.

Pour ce faire, nous prévoyons d’utiliser le même protocole que celui décrit dans l’expérience 1 (pré-test, test, post-test), mais avec une phase d’intervention (phase test) connue pour moduler spécifiquement la perception de la verticale, dans l’objectif de démontrer son efficacité pour biaiser non seulement la perception spatiale dans la dimension « verticale » mais également dans la dimension « horizontale ». Ces expérimentations comporteront donc :

**(1) Une phase pré-test,** durant lesquelles nous utiliserons les tâches spatiales décrites dans l’expérience 1.

**(2) Une phase test**, durant lesquels trois types d’intervention pourront être proposés :

- L’immersion du participant, grâce à la réalité virtuelle (port de lunettes 3D), dans une pièce virtuelle inclinée. Cette intervention a démontré son influence sur la perception de la verticale gravitaire (tâche de verticale visuelle, Odin, Faletto-Passy, Assaban, & Pérennou, 2018).

- La présentation de stimuli visuels en rotation (stimulation dynamique), induisant une sensation de rotation du corps dans la direction des stimuli visuels (« vection »). Ce paradigme est également connu pour induire aussi un biais perceptif dans la tâche de verticale visuelle (Lopez, Lacour, El Ahmadi, Magnan, & Borel, 2007).

- La présentation de stimuli visuels périphériques statiques (un cadre), connue pour induire un biais perceptif de la verticale visuelle dans la direction du cadre (pour les sujets dépendants à l’égard du champ visuel, Luyat & Ohlmann, 1997).

**(3) Une phase post-test**, identique à la phase pré-test, visant à mettre en évidence un effet perceptif post-test non seulement dans la dimension « verticale » mais également dans la dimension « horizontale ».

**Expériences de réplication**

Enfin, nous envisageons de réaliser des expériences supplémentaires uniquement dans le but de répliquer les résultats obtenus dans les expériences décrites ci-dessus. Cette pratique est de plus en plus valorisée dans le milieu de la recherche, notamment parce qu’elle permet de mettre à l’épreuve la robustesse des données obtenues et donc de corroborer plus fortement les modèles théoriques.

**Matériel utilisé pour l’ensemble de ces expérimentations :**

• Le dispositif d’adaptation prismatique (table graduée, lunettes prismatiques),

• Le dispositif de verticale posturale (voir figures 2 et 3),

• Un écran d’ordinateur équipé du logiciel de présentation de stimuli Eprime© pour la présentation des stimuli visuels,

• Un programme de réalité virtuelle (Oculus 121 Rift DK21 HMD (Oculus, Menlo Park, CA, USA)) permettant l’immersion du participant dans une pièce virtuelle inclinée,

• Un équipement de posturographie, pour mesurer d’éventuels changements du centre de masse signalant un ajustement postural du corps, en réponse à un changement de perception de la verticalité,

• Un traqueur de mouvement du corps en 3D (Système XSens©), afin de mesurer l’orientation des différents segments corporels, telle que la tête, le tronc, et le bassin (par rapport à la verticale gravitaire),

• Un grand écran pour la présentation des stimuli visuels dans la tâche de droit-devant visuel.

**Lieu ou l’étude va être conduite :**

Selon le matériel utilisé, l’expérience sera réalisée dans l’un des deux sites suivants :

Le Service de Médecine Physique et Réadaptation Neurologique,

CHU Grenoble-Alpes, Hôpital Sud, Avenue Kimberley, BP 338, 38434 Echirolles cedex, France

**ou**

Le Laboratoire de Psychologie et Neurocognition (LPNC, UMR CNRS 5105)

UGA

Bâtiment Michel Dubois

cs40700 - 38058 Grenoble Cedex 9 France

Les expériences nécessitant l’utilisation de la roue pour mesurer la verticale posturale seront menées sur le 1er site, au Service de Médecine Physique et Réadaptation Neurologique du CHU. Les autres expériences seront menées sur le 2ème site, au Laboratoire de Psychologie et Neurocognition (LPNC, UMR CNRS 5105) situé sur le campus universitaire et permettant de ce fait un accès facilité aux participants.

**Calendrier des évaluations ou observations :**

Nous prévoyons de commencer les expériences entre mai 2020 et septembre 2022. La durée de chaque session individuelle sera comprise entre 60 et 90 minutes. Le nombre de session par participant sera d’une ou deux, en fonction du plan expérimental choisi, soit en « inter-sujet » (1 session par sujet) ou en « intra-sujet » (2 sessions par sujet au moins). Dans le dernier cas, les deux sessions seront réalisées à plusieurs jours d’intervalle afin de limiter la contamination des résultats par d’éventuels effets post-test à long terme induit par les entrainements utilisés (Dupierrix et al. 2009).

**Durée de l’étude :**

3 ans.

**Analyse des données spatiales :**

Différentes données seront recueillies au cours des diverses phases tests. Nous enregistrerons des erreurs sous forme de distances, en millimètres, dans les tâches qui impliquent de positionner un stimulus par rapport à un autre (i.e., la position de la barre lumineuse ajustée par la participant par rapport à la position de l’horizon dans la tâche de droit-devant visuel, ou la position, marquée ou perçue, du milieu de la ligne dans la tâche de bissection de lignes manuelle ou perceptive respectivement), et des erreurs angulaires, en degrés, dans les tâches qui impliquent d’orienter un stimulus par rapport à une direction telle que l’horizon (i.e., dans la tâche de droit-devant proprioceptif ou la tâche de droit-devant visuel) ou la verticale gravitaire (i.e., tâche de verticale visuelle ou posturale). Ces mesures seront issues de différents types de données brutes :

- des réponses « clavier » (e.g., dans la tâche de bissection perceptive) ou

- des coordonnées spatiales de position de la réponse du participant enregistrées informatiquement (e.g., la position horizontale de la barre lumineuse dans la tâche de droit-devant visuel) ou enregistrées manuellement par l’expérimentateur en temps réel (e.g., la position de l’index dans la tâche de droit-devant proprioceptif). Ajouter ici les mesures posturographique + inclinomètre

Ces données brutes seront acquises grâce à des réponses verbales (e.g., dans les tâches de verticale visuelle ou posturale) ou motrice (e.g., la pression d’un bouton réponse dans la tâche de bissection perceptive, du droit-devant visuel ou encore le déplacement de l’index et du bras dans la tâche de droit-devant proprioceptif).

Ces données permettront de mesurer 1) le comportement des participants pendant la phase test (e.g., mettre en évidence la diminution des erreurs de pointage pendant l’adaptation prismatique) ainsi que 2) les effets post-test induit par la phase test sur la perception spatiale en comparant chez un même participant les données recueillies au pré- et post-test. Les effets post-test se traduisent par la différence entre les biais observés en post-test par rapport à ceux du pré-test. Nous testerons si cette différence éventuelle de performances est liée à l’intervention en comparant les effets post-test des diverses interventions. Par exemple, nous faisons l’hypothèse que l’effet post-test dans la tâche de droit-devant visuel soit biaisée vers la droite pour le groupe G (prismes déviant le champs visuel vers la gauche et induisant en retour un biais perceptif vers la droite) et inversement vers la gauche pour le groupe D (prismes déviant le champs visuel vers la droite et induisant en retour un biais perceptif vers la gauche) tandis qu’il ne devrait pas être biaisé pour le groupe contrôle (sans déviation prismatique).

Une analyse de variance (ANOVA) sera effectuée pour tester statistiquement ces différences si les distances et erreurs angulaires mesurées suivent une distribution normale. Dans le cas contraire, des tests non paramétriques, ou des statistiques bayésiennes, pourront être réalisées.

# C. Bénéfices et risques prévisibles et connus pour la santé physique et mentale (estime de soi, etc.) et la vie sociale (réputation)

**1) Les bénéfices de cette étude sont :**

Les bénéfices sont de mieux comprendre la cognition spatiale chez le sujet sain en investiguant si le codage perceptif des objets dans différentes dimensions et/ou référentiels spatiaux résulte d’un seul et même processus cognitif.

**2) Les risques de cette étude sont (voir tableau) :**

*Situations pouvant mettre les participants mal à l’aise ?*

Un participant peut se sentir mal à l’aise lorsqu’il est plongé dans le noir quelques minutes ou qu’il est incliné, comme cela peut être le cas dans la tâche de verticale posturale par exemple (le participant ayant les yeux bandés et incliné par rapport à la verticale). L’expérimentateur sera toujours présent pour questionner le participant sur son état physique et émotionnel et arrêtera l’étude si cet état se dégrade (e.g., en cas de malaise, de chute ou autre inconfort ressenti par le participant). Avant de participer à l’étude, les participants seront informés de l’inconfort qu’ils peuvent ressentir pendant l’étude et de la possibilité d’arrêter l’étude à tout moment : cela leur sera clairement signifié dans le consentement.

*Utilisation de stimuli physiques (auditifs, visuels, haptiques, etc.) ou matériel autre que des stimuli associés à des activités normales ?*

Le port de lunettes prismatiques est inhabituel, mais ne pas fait l’objet de risques connus. Ce protocole, très étudié depuis plusieurs décennies, a largement été documentée par des études comportementales et neuro-fonctionnelles. Ces études montrent que l’influence de l’adaptation prismatique sur la perception spatiale reste minime et transitoire (Prablanc et al., 2019). Par exemple, le « déplacement » de la position subjective du droit-devant est de l’ordre de 6 cm immédiatement après l’intervention, puis se stabilise à 2-3 cm au bout de quelques minutes (Schintu et al., 2014)jusqu'à totalement disparaître Ce protocole n’a révélé aucun effet secondaire notable à la sortie du protocole expérimental, puisque le sujet se réadapte très vite à l’absence de déviation du champs visuel après le retrait des lunettes prismatiques. De plus cette adaptation est très similaire à des adaptations ayant lieu au cours de la vie, comme celles se produisant lors de modifications corporelles où le sujet grandissant doit par exemple adapter la distance de son geste à la longueur grandissante de ses membres.

Quant à la réalité virtuelle ou la présentation de stimuli visuels en rotation, ceux-ci peuvent parfois entraîner des sensations de nausées. Si c’est le cas, l’expérience sera immédiatement stoppée.

|  |  |
| --- | --- |
| **OUI ou NON** |  |
| Non | Votre protocole utilise-t-il une mise en scène expérimentale destinée à dissimuler une partie de l’objectif ou de la méthodologie aux sujets ou de faire croire à d’autres objectifs ou d’autres méthodologies ? |
| Non | Questions pouvant mettre les participants mal à l’aise ? |
| **OUI** | **Situations pouvant mettre les participants mal à l’aise ?** |
| Non | Matériaux considérés par le participant comme menaçants, choquants, répugnants ? |
| Non | Est-ce que les renseignements collectés concernent la vie privée du participant, de sa famille ? |
| **OUI** | **Utilisation de stimuli physiques (auditifs, visuels, haptiques, etc.) ou matériel autre que des stimuli associés à des activités normales ?** |
| Non | Privation de besoins physiologiques (boire, manger, dormir, etc.) |
| Non | Manipulation de paramètres psychologiques ou sociaux comme la privation sensorielle, l’isolement social ou le stress  psychologique ? |
| Non | Efforts physiques au-delà du niveau considéré comme modéré pour le participant ? |
| Non | Exposition à des drogues, produits chimiques ou agents potentiellement toxiques ? |

# D. Vigilance/ Arrêt prématuré de l'étude

## Critères d'arrêt de l'étude pour un sujet qui y participe :

Tout participant sera libre de retirer son consentement à n’importe quel moment de l’étude, sans que cela ait d’impact sur son activité universitaire dans le cas où le participant est étudiant.

3. Traitement des données – respect de la vie privée du participant

# A. Confidentialité

## Procédé d’anonymisation :

Attribution d’un numéro aléatoire pour chaque participant et utilisation d’une table de correspondance qui sera détruite à la fin de l’étude si le participant réalise deux sessions séparées dans le temps (à quelques jours d’intervalle par exemple).

## Personnes ayant accès aux données :

Rémi Lafitte, Eve Dupierrix, Céline Piscicelli et Dominique Pérennou

# B. Archivage

## Type de données archivées :

Il s’agira de données numériques, non identifiantes après les inclusions (anonymat strict avec attribution d’un numéro aléatoire). Les noms des participants ne seront pas notifiés à moins que le participant réalise deux sessions séparées dans le temps. Dans ce cas, la table de correspondance où sera notifiée le nom des participants sera supprimée à la fin des inclusions de l’étude.

## Durée de l’archivage :

5 ans

## Lieu de l’archivage :

« Cloud UGA ».

## Personne responsable :

Eve Dupierrix si l’expérience est réalisée au LPNC ; Dominic Pérennou si l’expérience est réalisée à l’hôpital sud.

## Possibilité de destruction à la demande du participant :

Aucune, chaque participation sera anonymisée.

4. Formulaire de consentement éclairé incluant l’information à donner aux participants

**Précisions sur l’information donnée aux participants :**

Tout participant pré-sélectionné sera préalablement informé par le responsable scientifique des objectifs de l'étude, de sa méthodologie, de sa durée, de ses contraintes et des risques prévisibles. Un résumé des renseignements donnés par le responsable scientifique sera fourni dans le formulaire de consentement (Annexe n°1).

**Précisions sur la signature et la remise au participant du consentement éclairé :**

Après s’être assuré de la bonne compréhension des informations fournies, le responsable scientifique sollicitera du participant son consentement pour participer à l'étude. S'il accepte, le participant signera le formulaire de consentement en deux exemplaires préalablement à la réalisation de l’étude (Annexe n°1). Le responsable scientifique gardera un des exemplaires et remettra l’autre au participant.

## Précisez ici la façon dont sera recueilli le consentement éclairé :

Le consentement sera recueilli sur le lieu de l’expérience, via format papier.

5. Bibliographie

Barbieri, G., Gissot, A.-S., Fouque, F., Casillas, J.-M., Pozzo, T., & Pérennou, D. (2008). Does proprioception contribute to the sense of verticality? *Experimental Brain Research*, *185*(4), 545–552.<https://doi.org/10.1007/s00221-007-1177-8>

Brandt, T., Dieterich, M., & Danek, A. (1994). Vestibular cortex lesions affect the perception of verticality. *Annals of Neurology*, *35*(4), 403–412.<https://doi.org/10.1002/ana.410350406>

Chechlacz, M., Rotshtein, P., Bickerton, W.-L., Hansen, P. C., Deb, S., & Humphreys, G. W. (2010). Separating neural correlates of allocentric and egocentric neglect: Distinct cortical sites and common white matter disconnections. *Cognitive Neuropsychology*, *27*(3), 277–303.<https://doi.org/10.1080/02643294.2010.519699>

Dupierrix E, Gresty M, Ohlmann T, Chokron S (2009) Long Lasting Egocentric Disorientation Induced by Normal Sensori-Motor Spatial Interaction. PLoS ONE 4(2): e4465.

Kerkhoff, G. (1999). Multimodal spatial orientation deficits in left-sided visual neglect. *Neuropsychologia*, *37*(12), 1387–1405.<https://doi.org/10.1016/S0028-3932(99)00031-7>

Lopez, C., Lacour, M., Ahmadi, A., Magnan, J., & Borel, L. (2007). Changes of visual vertical perception: A long-term sign of unilateral and bilateral vestibular loss. *Neuropsychologia*, *45*(9), 2025–2037.<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.02.004>

Luyat, M., Ohlmann, T., & Barraud, P.-A. (1997). Subjective vertical and postural activity. *Acta Psychologica*, *95*(2), 181–193.<https://doi.org/10.1016/S0001-6918(96)00015-7>

Odin, A., Faletto-Passy, D., Assaban, F., & Pérennou, D. (2018). Modulating the internal model of verticality by virtual reality and body-weight support walking: A pilot study. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, *61*(5), 292–299.<https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.07.003>

Perennou, D. A., Mazibrada, G., Chauvineau, V., Greenwood, R., Rothwell, J., Gresty, M. A., & Bronstein, A. M. (2008). Lateropulsion, pushing and verticality perception in hemisphere stroke: A causal relationship? *Brain*, *131*(9), 2401–2413.<https://doi.org/10.1093/brain/awn170>

Prablanc, C., Panico, F., Fleury, L., Pisella, L., Nijboer, T., Kitazawa, S., & Rossetti, Y. (2020). Adapting terminology: Clarifying prism adaptation vocabulary, concepts, and methods. Neuroscience Research, 153, 8–21. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2019.03.003>

Rousseaux, M., Braem, B., Honoré, J., & Saj, A. (2015). An anatomical and psychophysical comparison of subjective verticals in patients with right brain damage. *Cortex*, *69*, 60–67.<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.04.004>

Schintu, S., Pisella, L., Jacobs, S., Salemme, R., Reilly, K. T., & Farnè, A. (2014). Prism adaptation in the healthy brain: The shift in line bisection judgments is long lasting and fluctuates. Neuropsychologia, 53, 165–170. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.11.013>

ANNEXE 1 – NOTICE D’INFORMAtioN et CONSENTEMENT ECLAIRE

# Titre du projet : Le codage perceptif des différentes dimensions de l’espace

## Chercheur titulaire responsable scientifique du projet :

Professeur Dominic Pérennou, PUPH

Téléphone 04 76 76 54 24

[DPerennou@chu-grenoble.fr](mailto:DPerennou@chu-grenoble.fr)

## Lieu de recherche :

Service de Médecine Physique et Réadaptation Neurologique,

CHU Grenoble-Alpes, Hôpital Sud, Avenue Kimberley, BP 338, 38434 Echirolles cedex, France

## But du projet de recherche :

Ce projet vise à mieux comprendre la perception spatiale chez le sujet sain. La perception de l’espace implique de connaître la position et l’orientation d’un objet par rapport à l’environnement ou par rapport à notre propre corps. Il s’agit ainsi par exemple de connaître la position horizontale (de gauche à droite), ou même la hauteur d’un objet relativement à son propre corps mais aussi l’inclinaison de cet objet, c’est-à-dire son orientation par rapport à la verticale gravitaire. La perception spatiale d’un objet se réalise donc dans différentes dimensions à la fois. C’est ainsi que l’on perçoit que la tour de Pise est penchée ou encore que ce consentement de participation se trouve devant moi, peut-être incliné par rapport à l’axe de mon corps et très probablement, en ce moment, à gauche de ma main droite. L’objectif de ce projet de recherche est d’examiner comment sont codées ces différentes dimensions spatiales.

## Ce que l’on attend de vous (méthodologie)

Si vous acceptez de participer à cette étude, vous devrez réaliser différentes tâches de perception spatiale. Voici les différentes tâches auxquelles vous pourrez être soumis(e) :

1) une tâche dans laquelle il vous sera demandé de pointer avec votre index droit-devant vous les yeux fermés ou sur des cibles affichées à différents endroits devant vous,

2) une tâche dans laquelle il vous sera demandé d’aligner latéralement une barre lumineuse verticale sur la projection de l’axe sagittal de votre corps via une réponse clavier ou une manette,

3) une tâche dans laquelle il vous sera demandé de marquer, par un trait vertical, le milieu d’une ligne horizontale,

4) une tâche dans laquelle il vous sera demandé d’indiquer, en appuyant sur un bouton réponse, si une ligne horizontale pré-sectionnée affichée sur un écran est marquée à gauche ou à droite de son milieu,

5) une tâche dans laquelle il vous sera demandé d’orienter à la verticale une barre lumineuse affichée sur un écran, contrôlant l’inclinaison de la barre par une réponse clavier ou en manipulant une manette jusqu’à ce que la barre vous paraisse à la verticale,

6) une tâche dans laquelle il vous sera demandé d’orienter votre propre corps à la verticale en donnant des indications verbales à l’expérimentateur et dans ce cas, votre corps sera installé dans une roue inclinée,

7) une tâche dans laquelle il vous sera demandé de vous placer debout sur une plateforme mesurant votre centre de masse

8) une tâche dans laquelle il vous sera demandé de porter des capteurs inertiels à différents endroits du corps tels que la tête, le tronc, et le bassin.

8) une tâche dans laquelle il vous sera demandé d’atteindre des cibles affichées à différents endroits devant vous tout en portant des lunettes qui dévient le champ visuel vers la droite ou vers la gauche par exemple.

9) une tâche dans laquelle vous serez immergé, grâce à des lunettes 3D, dans des environnements virtuels inhabituels,

10) une tâche dans laquelle il vous sera présenté des objets visuels en rotation, induisant parfois des sensations de rotation du corps,

11) une tâche dans laquelle il vous sera présenté des objets visuels inclinés.

Les données que nous enregistrerons pourront être vos réponses « clavier » ou directement les coordonnées spatiales de votre doigt ou de votre corps.

Ces tâches pourront vous être proposées plusieurs fois. La durée de cette expérience vous a déjà été communiquée lors de l’appel à participation à cette étude.

## Vos droits de vous retirer de la recherche en tout temps

La participation est volontaire et les participants sont libres d’arrêter l’étude à tout moment. Si le participant est étudiant, l’arrêt de l’étude n’aura aucune conséquence sur ses activités universitaires.

## Vos droits à la confidentialité et au respect de la vie privée

Toutes les informations recueillies pendant cette étude resteront strictement confidentielles et seront utilisées uniquement à des fins de recherches. L’identité du participant sera associée à un numéro aléatoire afin de ne pas pouvoir identifier son identité par recoupement d’information (âge, genre...). Cet anonymat rend impossible la rectification ou la suppression des informations concernant la participation du participant. De plus, toutes les données seront gardées dans un endroit sécurisé et seul le responsable scientifique et les chercheurs adjoints y auront accès.

## Bénéfices

Cette étude permettra de mieux comprendre la perception spatiale chez le sujet sain en examinant comment sont codées les différentes dimensions spatiales.

## Risques possibles

Cette étude ne comporte aucun risque pour la santé mais peut provoquer éventuellement chez certains adultes une sensation d’inconfort ou de vertige, notamment dans les tâches induisant des sensations de mouvement du corps. Le participant est libre d’arrêter l’étude à la moindre gêne ressentie (sensation désagréable, inconfort ...).

## Diffusion

Cette recherche pourra faire l’objet de publication écrite (revue scientifique à comité de lecture) et orale (colloques, congrès).

## Vos droits de poser des questions en tout temps

Les buts généraux de l’expérience seront expliqués au début de l’étude et les hypothèses détaillées à la fin.

## Consentement à la participation

En signant le formulaire de consentement, vous certifiez que vous avez lu et compris les renseignements ci-dessus, qu’on a répondu à vos questions de façon satisfaisante et qu’on vous a avisé que vous étiez libre d’annuler votre consentement ou de vous retirer de cette recherche en tout temps, sans préjudice.

## A remplir par le participant :

**J’ai lu et compris les renseignements ci-dessus et j’accepte de plein gré de participer à cette recherche.**

**Nom, Prénom – Date – Signature**

Un exemplaire de ce document vous est remis, un autre exemplaire est conservé dans le dossier.

ANNEXE 2 – CRITERES D’INCLUSION DES PARTICIPANTS

*Vous avez signé le consentement de participation à cette étude qui vous donnera droit à un bon d’expérience si vous êtes étudiant en psychologie. Avant de commencer l’expérience, merci de nous indiquer, parmi les affirmations listées ci-dessous, si l’une d’entre elles au moins est vraie sans nous préciser laquelle.*

- J’ai des troubles importants de l’audition pouvant limiter ma compréhension orale

- Je participe actuellement à une expérimentation clinique et/ou thérapeutique testant une thérapie ou un produit pharmaceutique

- J’ai ou j’ai eu des troubles neurologique(s) ou neuropsychiatrique(s)

- J’ai des troubles moteurs, vestibulaires (ex : vertige aigu) ou posturaux, susceptibles d’interférer avec l’équilibre.

- Je prends actuellement un traitement médicamenteux susceptible de moduler mes fonctions mentales et/ou mon humeur tel que les benzodiazépines, les antidépresseurs, les neuroleptiques, le lithium (est exclus dans cette liste la contraception et les traitements pour allergie)

- Je suis enceinte ou parturiente (au point d’accoucher)

- J’ingère régulièrement des substances psychoactives telles que de l’alcool avec une régularité d’une fois par jour ou plus, ou des drogues telles que le cannabis avec une régularité d’une fois par semaine ou plus

- Je suis sous tutelle

- J’ai une séance d’ostéopathie ou de kinésithérapie prévue cette semaine